

Відомчий нормативний документ

Річки гірські
Регулювання русел та догляд

ВНД 33-5.5-14-03

Видання офіційне

Державний комітет України по водному господарству

Київ 2003

ПЕРЕДМОВА

Розроблений

Відкритим акціонерним товариством «Проектно-технологічний інститут «Укроргводбуд» (В.К.Гарник, О.Н.Кафтан).

За участю:

Державного комітету України по водному господарству (В.В.Лелявський, О.С.Варницький, М.Я.Бабич, К.А.Алієв),

Інституту гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук (В.В.Онищук, О.М.Козицький),

Рівненського державного технічного університету (В.М.Корбутяк),

Дніпровського басейнового водогосподарського об'єднання (С.І.Горбань)

Внесений і підготовлений до затвердження

Управлінням науково-технічного прогресу
Держводгоспу України

Затверджений і введений в дію

Наказом Держводгоспу України від «21»
січня 2003р. № 14

Введений вперше.

Державний комітет України по водному господарству	Відомчий нормативний документ	ВНД 33-5.5-14-03
	Річки гірські. Регулювання русел та догляд	Введений вперше

1. ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Відомчий нормативний документ ВНД «Річки гірські. Регулювання русел та догляд» розроблений згідно до вимог Водного кодексу України, відомчих нормативних документів з водного господарства, результатів вивчення та аналізу проектів, науково-технічної та патентно-ліцензійної літератури, проектних рішень та досвіду експлуатаційних організацій і встановлює єдиний механізм та порядок виконання робіт з регулювання, нагляду та догляду за руслами річок і спорудами інженерного захисту.

Вимог цих норм необхідно дотримуватись при розробленні організаційно-технічної документації з регулювання річок, планування профілактичних заходів з нагляду та догляду за руслами гірських річок і спорудами на них, направлених на протипаводкові заходи.

Цей нормативний документ поширюється на порядок проведення робіт на передгірських та гірських ділянках річок України.

2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1. До комплексу технічно-організаційних заходів по регулюванню паводкового потоку належить розчищення русел, влаштування захисно-регулювальних споруд, нагляд, догляд та їх охорона, попередження аварійних ситуацій і забезпечення пропуску паводків з найменшим негативним впливом на навколишнє середовище.

2.2. До об'єктів регулювання і нагляду належать річки Українських Карпат, які згідно прийнятої класифікації за розмірами відносяться до малих і середніх, та гірські

Внесено Управлінням науки, нормативно-технічного забезпечення і проектних робіт Держводгоспу України	Затверджено наказом Держводгоспу України від 21 січня 2003 рік № 14	Термін введення в дію з 2003 року
---	---	---

річки Криму на умові використання методу аналогії в оцінці гідроморфологічного стану річок, правил і норм у вирішенні питань регулювання русел і догляду.

2.3. До споруд інженерного захисту належать захисні дамби, берегове кріплення, регульовальні споруди (загати, напівзагати), селеутримувальні споруди, водоймища, що регулюють паводковий стік, та інші споруди, які виконують протиерозійні і протипаводкові функції.

2.4. Технічна експлуатація берегозахисних і регульовальних споруд та нагляд за станом руслової мережі здійснюється експлуатаційним персоналом спеціалізованих служб водогосподарських організацій.

2.5. Територія, яка обслуговується експлуатаційним персоналом, поділяється на окремі зони, на базі яких створюються експлуатаційні ділянки. Їх кількість та штат обслуговуючого персоналу визначається в залежності від довжин ділянок річок, кількості та виду захисно-регульовальних споруд на них та обсягів необхідних експлуатаційних заходів.

2.6. Для забезпечення виконання систематичного нагляду за руслами річок вони поділяються на окремі ділянки, які разом з побудованими на них берегозахисними і регульовальними спорудами, флорою заплав закріплюються за русловими ремонтниками. Довжина ділянки річки, яку обслуговує ремонтник, визначається нормами Держводгоспу України.

2.7. При необхідності виконання робіт з технічного нагляду за будівництвом або реконструкцією берегозахисних і регульовальних споруд в облводгоспі організовують групу технагляду.

2.8. Права, обов'язки і відповідальність кожного працівника служби експлуатації визначаються відповідними посадовими інструкціями. В посадовій інструкції наводиться перелік об'єктів спостереження, закріплених за кожною посадовою особою, порядок обходу, термін, склад спостережень та порядок ведення технічної документації.

2.9. Основним документом на споруди, що знаходяться в експлуатації, є технічний паспорт, який містить коротку характеристику споруди, рекомендовані умови її роботи. В паспорті вказується рік побудови споруди, її балансова вартість.

В період експлуатації до технічного паспорта вносяться всі відомості про пошкодження споруди з коротким описом виконаних ремонтних робіт і змін її характеристик.

Технічні паспорти на споруди зберігаються в спеціалізованих службах водогосподарських організацій.

2.10. Надійність берегозахисних і регулювальних споруд забезпечується на етапах їх проектування, будівництва та експлуатації.

Надійність захисно-регулювальних споруд під час експлуатації забезпечується умовами їх роботи, готовністю руслової мережі до пропуску паводків, компоновкою в русловій системі споруд, якістю технічного обслуговування і своєчасного виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

3. ГІДРОМОРФОЛОГІЧНА ОЦІНКА РУСЕЛ РІЧОК

3.1. Типізація русел річок

3.1.1. Гідроморфологічна оцінка ділянки русла річки виконується на основі вивчення геологічної і морфологічної будови русла і долини річки, її гідрологічного режиму, детального обстеження ложа річки, берегів, заплави, схилів, а також морфометричних структурних утворень - макроформ (цілісні масиви заплави, звивини русла, острови), мезоформ (видовжені гряди, боковики, осередки), мікроформ (вторинні грядові утворення на боковиках, осередках та ін.).

3.1.2. Гірські та передгірські ділянки русел річок Карпат мають характерні типові ознаки у своїй морфометричній будові. Основним фактором, що впливає тут на розвиток руслових форм, є обмежувальний фактор (виступи важкорозмивних ґрунтів) і способи живлення річок наносами, які найбільш чітко проявляються на ділянках до виходу річок із гір. Обмежувальний фактор впливає на розвиток деформацій русла в природних його умовах.

3.1.3. На гірських ділянках річок Карпат роль обмежувального фактора досить значна. Крім того, в цій частині їх русла мають можливість додатково підживлюватись наносами за рахунок схилових ерозійних процесів, селевих та зсувних явищ, які викликають суттєве коливання витрат рухомих по дну русла наносів та їх крупності.

3.1.4. При виході річок із гірської частини вплив обмежувального фактора переважно відсутній. Тому в цій частині річок Карпат спостерігається тотожність у типах руслового процесу з рівнинними річками. Основна відмінність між русловими формами цих річок полягає лише в крупності руслових наносів і в більш інтенсивному закономірному зменшенню по довжині річки витрат рухомих по дну русла наносів та їх крупності.

3.1.5. На річках Українських Карпат виділяють наступні типи руслового процесу:

- 1) нерозмиваючі русла з нечітко вираженими берегами;
- 2) стиснені русла зі стрімкими берегами;
- 3) каналізовані русла;
- 4) стиснені русла з необмеженим надходженням наносів;
- 5) русла обмеженого меандрування;
- 6) осередкові русла;
- 7) русла незавершеного меандрування;
- 8) русла вільного меандрування.

Детальний опис типів руслового процесу, картосхема розподілу їх на основних річках регіону та характерні поперечні профілі типів русел річок наведені в додатку А.

3.1.6. Тип руслового процесу T_p на місцевості встановлюється на основі візуального обстеження ділянки русла і даних типізації руслового процесу (картосхеми розподілу типів русел на основних річках Українських Карпат та поперечного розрізу характерних профілів руслового процесу) і розрахункової формули:

$$T_p = \frac{\omega_{p.\phi} \cdot d_{cp.36} \cdot I}{\omega_{95\%} \cdot y_{p.\phi}}, \quad (3.1)$$

де T_p - параметр, який визначає тип руслового процесу;

$\omega_{p.\phi}$ - площа поперечного перерізу водотоку при руслоформуючій витраті води, м²;

$\omega_{95\%}$ - площа поперечного перерізу водотоку при мінімальних витратах води 95-відсоткової забезпеченості, м²;

$d_{cp.36}$ - середньозважений діаметр руслових наносів без врахування шару самовимощення, мм;

I - гідралічний похил водотоку на ділянці річки, який приймається рівним середньому значенню похилу дна русла, м/км;

$y_{p.\phi}$ - шар поверхневого стоку, прирівнений до руслоформуючих витрат води, мм.

3.1.7. Для орієнтовних розрахунків значення типу руслового процесу приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахункові значення параметра T_p

№ п/п	Тип руслового процесу	Пара- метр T_p
1	2	3
1	Нерозмиваючі русла з нечітко вираженими берегами	0,06
2	Стиснені русла зі стрімкими берегами	0,03
3	Стиснені русла з необмеженим надходженням наносів	0,03
4	Русла обмеженого меандрування	0,018
5	Осередкові русла	0,009
6	Каналізовані русла	0,005
7	Русла незавершеного меандрування	0,0025
8	Вільномеандруючі русла	—

3.1.8. Оскільки відносна стійкість русла, складеного з неоднорідних незв'язних наносів, в значній мірі визначається шаром самовимощення, для прямолінійних ділянок русел з квазірівномірним режимом транспортування води і наносів (донних рухомих та завислих) виділяють такі стани.

3.1.9. Стійкий стан - це наявність в руслі яскраво вираженого шару самовимощення, який був сформований після інтенсивних руслових переформувань алювіальних відкладів руслоформуючими і вищими від них паводками. Даний стан характеризується відсутністю будь-яких деформацій ложа русла, а потоком виносяться на протязі тривалого періоду тільки окремі легкі або найбільш нестійкі в плановому розміщенні донні частки наносів, загальний склад яких в суміші самовимощення не перевищує 10%. Середня швидкість потоку, яка відповідає даному стану, може бути прийнята за «незриваючу» для суміші неоднорідних наносів $V_{н.н}$, м/с і визначається за формулою:

$$V_{н.н} = \frac{V_{н.о}}{S_o^{0,25}}, \quad (3.2)$$

де $V_{н.о}$ - середня незриваюча швидкість потоку для однорідних наносів $d=d_{cp.36}$, м/с;

S_o - коефіцієнт неоднорідності наносів, визначається за формулою:

$$S_o = \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}}, \quad (3.3)$$

де d_{25} і d_{75} - відповідно діаметри часток руслових відкладів з імовірністю перевищення 25% і 75% за кривою гранулометричного складу суміші наносів у пробі.

3.1.10. Нестійкий стан ложа русла - це зрив шару самовимощення, який характеризується інтенсивним вимиванням всіх часток наносів із поверхневого шару та їх самообміном у системі «потік-русло». Подібний стан може спостерігатись при проходженні паводка рідкісної імовірності - 1-3% забезпеченості (катастрофічного паводка). Середня швидкість потоку при цьому стані для неоднорідних наносів може бути прийнята за «зриваючу» $V_{зр.н.}$ м/с і визначається за формулою:

$$V_{зр.н.} = \frac{V_{зр.о}}{S_o^{0,25}}, \quad (3.4)$$

де $V_{зр.о}$ - зриваюча середня швидкість для однорідних наносів $d=d_{ср.зв.}$.

Співвідношення між $V_{н.н.}$ і $V_{зр.н.}$ дорівнює, як і для однорідних наносів, коефіцієнтові 1,41.

3.2. Вибір і закріплення опорних створів

3.2.1. Оцінка і розрахунок руслових деформацій та їх прогнозування, розрахунок максимальних витрат води за відсутності гідрометричних спостережень за мітками високих вод (ВВ), розрахунок пропускної здатності русла річки, нанесення зон затоплення та контроль за рівнем води при проходженні катастрофічних паводків здійснюється по поперечних створах.

3.2.2. Підбір ділянок для розташування поперечних створів, закріплення їх на місцевості реперними знаками, висотна і планова прив'язка, а за необхідності - організація тимчасових гідрометричних спостережень, виконуються згідно вимог до гідрометеорологічних станцій і постів: «Гидрологические наблюдения и работы на реках» (вып. 6 часть I), «Руководство по картометрическим работам для определения гидрографических характеристик», «Методика визначення зон можливого затоплення на річках України».

3.2.3. Розташування поперечних створів по довжині річки, їх кількість визначається на основі детальної оцінки гідравлічних і морфометричних характеристик русла і заплави річки, типу руслового процесу, наявності населених пунктів, берегозахисних та регулювальних споруд в місцях інтенсивного розвитку планових і вертикальних деформацій, селевих і зсувних виносів, а також біля мостових та інших комунікаційних переходів.

3.2.4. Відстань між опорними створами по довжині річки не повинна перевищувати 5...10 км, оскільки збільшення її понад вказану межу вплине на достовірність розрахунків і побудови кривих вільної поверхні води по довжині річки, ув'язки характерних рівнів води з рівнями гідрометричних спостережень на водпостах, трансформації високих паводків, інших видів робіт, які вимагають комплексного підходу до їх вирішення (вивчення руху донних відкладів, їх кількісна оцінка та ін.).

Підбір ділянки русла для визначення на них опорних створів здійснюється на основі польового обстеження. При цьому ділянка річки повинна відповідати умові відносної рівномірності течії води, що можливо при прямолінійній в плані формі русла і однотипному русловому процесі.

На підібраній ділянці водотоку розташовують опорний створ і два допоміжні - верхній і нижній. На цих створах виконується топогеодезична зйомка ділянки річки до рівня 1-2 м вище міток ВВ. Крайні межі опорного створу закріплюються реперними знаками.

3.2.6. Визначення міток ВВ виконується шляхом опитування місцевих жителів і безпосереднього обстеження місцевості.

В ході опитування необхідно з'ясувати: положення урізу високої води паводка, час і тривалість його проходження, тривалість і характер зливових опадів, сніготанення, що сформували паводок. Отримані від місцевого населення відомості про паводки перевіряються за даними спостережень на водпостах, а також на основі ув'язки міток ВВ по довжині водотоку. Одночасно з цим виконується візуальна оцінка шорсткості на ділянці розташування поперечних створів і у відповідності з цим визначається коефіцієнт шорсткості за таблицею М.Ф. Срібного, уточненою і доповненою для умов Карпат П.М. Лютиком (додаток Б).

3.2.7. Поздовжній похил річки визначається за рівнями меженних вод, а для контролю - за найменшими відмітками дна водотоку. Мітки ВВ нівелюються за якомога більшим числом точок на обох берегах річки. При цьому опорний створ для визначення витрат води рекомендується розташовувати між першим і третім поперечними створами.

3.2.8. За даними польових матеріалів виконується обробка нівелірних журналів, будуються поздовжні і поперечні профілі, підраховуються площі поперечних розрізів при рівнях ВВ, середні швидкості течії і на завершення - максимальні витрати води.

3.2.9. Максимальні витрати води та їх рівні розрахункових забезпеченостей встановлюються у відповідності до вимог СНиП 2.01.14-83 та ВНД 33-5.2-02-98.

3.2.10. Отримані таким чином основні морфометричні і гідравлічні характеристики ділянки річки, такі як площа поперечного перерізу при характерних рівнях води, поздовжній похил, криві вільної поверхні ділянки річки, шорсткість ложа русла і відповідно їм швидкість течії та витрата води, заносяться в паспортні дані об'єкта і служать в подальшому вихідними даними (параметрами) для оцінки і контролю пропускної здатності русла.

3.3. Визначення зон можливого затоплення

3.3.1. Зона затоплення - смуга річкової долини, що покривається водою під час проходження паводка або повені в руслі і заплаві річки. Дані про зони можливого затоплення (ЗМЗ) під час проходження найвищих паводків на річках Карпат необхідні для розроблення протипаводкових заходів, а також для безпечного використання сільськогосподарських земель і розвитку господарської діяльності в долинах річок в цілому.

3.3.2. Основою для нанесення ЗМЗ на карту басейну річки є матеріали опорних та допоміжних поперечних створів, що охоплюють майже всю довжину річки (від витoku до її гирла) з нанесеними на них даними стосовно рівнів найвищих історичних паводків.

3.3.3. Топографічною основою для виготовлення картосхеми басейну кожної річки зокрема є топографічні карти масштабом 1:10000, а за відсутності їх - інші топографічні карти, за умови, що переріз горизонталей на них не буде перевищувати 2,0-2,5 м.

3.3.4. На картосхему басейну річки наносяться межі затоплення найвищого паводка, який спостерігався в даному регіоні. Далі наноситься межа затоплення при 1%, 5%, 10% і 25% забезпеченості. Крім цього, фіксується положення бровок русла, що може використовуватись для визначення планових деформацій при розрахунках руслоформуючих витрат.

3.3.5. Найвищий історичний рівень води, який спостерігався в межах населених пунктів, в створі мостових переходів та інших комунікаційних об'єктів, експлуатація яких тісно пов'язана з режимом водотоку, заноситься в паспортні дані об'єкта і закріплюється на місцевості реперними знаками.

3.3.6. Звітна документація щодо визначення ЗМЗ повинна складатися з короткої пояснювальної записки, поздовжнього профілю річки чи її окремої ділянки з

нанесеними розрахунковими рівнями води та крупномасштабних топографічних карт з межами зон затоплення при паводках відповідних забезпеченостей.

3.3.7. ЗМЗ визначаються у відповідності до ВНД 33-5.2-02-98. Загальне методичне керівництво роботами щодо визначення ЗМЗ та контроль за якістю звітної технічної документації здійснює ВАТ «Укрводпроект».

4. МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК І РЕЖИМ ТРАНСПОРТУ НАНОСІВ

4.1. Розрахунок максимальних витрат води нормативної забезпеченості

4.1.1. При визначенні розрахункових максимальних витрат води обчислюються витрати талих вод або дощових та змішаних паводків і з отриманих величин вибирається більша як така, що визначає найбільш несприятливі умови роботи споруд. При неможливості поділу максимальних річкових витрат води за генезисом їх формування допускається побудова кривих розподілу імовірностей по всьому ряду.

4.1.2. Розрахунки виконуються для максимальних миттєвих витрат води. Для річок з тривалістю стояння максимумів протягом доби і більше розрахунки виконуються за середніми добовими значеннями. У випадках, коли максимальна витрата води проходить між термінами спостережень, необхідно дослідити співвідношення між середньою добовою і миттєвою максимальними витратами і в розрахунки ввести необхідні поправки.

Розрахункова забезпеченість максимальних витрат встановлюється у відповідності до норм проектування річкових гідротехнічних споруд.

Методика розрахунку максимальних витрат води нормативної забезпеченості приведена в додатку В.

4.2. Руслоформуючі витрати води

4.2.1. Прогноз розвитку руслових переформувань, розрахунок місцевих і загальних розмивів, визначення типу руслового процесу, кількісна оцінка твердого стоку тощо здійснюються на основі використання значень руслоформуючих витрат води.

4.2.2. Руслоформуючі витрати води гірських річок прирівнені до витрат, при яких енергія потоку спрямована на формування в руслі характерних морфологічних

утворень, шляхом руху наносів в дискретній формі (транзит дрібних часток здійснюється безперервно) і в цілому визначається динамічною рівновагою всієї системи «потік-русло».

Даний стан в руслі річки оцінюється наступним рівнянням:

$$0,0435 \left(\frac{0,8d_{ср.зб}}{S^{0,9}} \right)^{1/6} = \frac{h^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{V_{д.н}}. \quad (4.1)$$

4.2.3. Розрахунок значення руслоформуючої витрати води за формулою 4.1 виконується підбором h до тих пір, поки ліва частина залежності не буде дорівнювати правій її частині. Далі за побудованими за багатолітній термін спостереження графіками зв'язку $Q = f(h)$; $B = f(h)$, $Q = f(H_p)$, $Q = f(V)$, а також відомими на ділянці річки іншими гідравлічними характеристиками, такими як похил ділянки русла I , гранулометричний склад наносів, отримують значення $Q_{р.ф.}$. При цьому достовірність значень руслоформуючих витрат води залежить від достовірності визначених на ділянці річки в розрахункових створах гідравлічних і морфометричних характеристик русла.

4.3. Донні відклади та оцінка стоку наносів

4.3.1. Розроблення проектних рішень протиаводкового захисту територій здійснюється на основі даних гранулометричного складу руслових відкладів наносів. Відбір на аналіз проб наносів, лабораторне їх опрацювання та розрахунок основних параметрів гранулометричного складу проводяться за чіткого дотримання існуючих норм і положень в їх оцінці.

На основі багаторічних досліджень на річках Українських Карпат виявлено ряд закономірностей у розподілі крупності руслових наносів в залежності від рельєфних та метеорологічних особливостей місцевості. Із збільшенням крутизни схилів, їх відносної висоти і пересіченості території середній діаметр руслових відкладів збільшується. Крім того, крупність руслових відкладів тісно пов'язана з характером розподілу по території Карпат значень максимальних зливових опадів і шару паводкового стоку.

4.3.2. Рух наносів тісно пов'язаний з характером руслових переформуваль, тобто типом руслового процесу, як в природному їх стані, так і на ділянках річок, що зазнали антропогенного навантаження. Оскільки водний стік річок Карпат формується в гірській зоні під впливом зливових дощів та інтенсивного сніготанення, то і генезис твердого стоку тісно пов'язаний з паводковим режимом, висотою водозбору і геологічною будовою гірської частини регіону. У відповідності до цього слід

розподілити кожну річку на ділянку, що розташована до виходу із гір, де річка має можливість підживлюватись гальково-піщаними відкладами і спостерігається тенденція до збільшення відносної кількості витрат транспортованих по дну русла наносів, і ділянку - після виходу річки з гір, де має місце лише поступове зменшення відносної кількості рухомих наносів та їх крупності.

4.3.3. Донні відклади на річках Карпат в переважній більшості своїй складаються з крупноуламкових часток гірських порід і починають рухатись лише під час паводкових витрат води. При цьому основна роль у частці руслових деформацій належить наносам, що рухаються по дну гірських річок у вигляді руслових форм. Обсяг їх становить, у порівнянні з загальним твердим стоком, біля 30 відсотків.

Дрібні частки ґрунту транзитом виносяться за межі гірської та передгірської зони, і їх роль у формуванні мезоформ незначна. Однак при розрахунках терміну експлуатації водоймищ, де роль завислих часток наносів набуває вирішального значення, оцінка генезису їх стоку та кількісна характеристика повинні входити до переліку необхідної інформації щодо об'єкта.

4.3.4. У формулах, призначених для кількісної оцінки твердого стоку, використовуються гранулометричні характеристики часток ґрунту. До основних параметрів донних наносів належать: середньозважений діаметр шару самовимощення $D_{cp.36}$, середньозважений діаметр відібраного зразка ґрунтів $d_{cp.36}$, максимальний діаметр часток ґрунту d_{max} , а також d_5 , d_{25} , d_{75} , d_{95} - діаметри часток суміші наносів забезпеченістю відповідно 5, 25, 75 і 95 відсотків за кривою гранулометричного складу ґрунтів.

Визначаються дані параметри на основі гранулометричного аналізу відібраних проб руслових наносів.

4.3.5. Щоб уникнути грубих помилок, відбір проб ґрунту виконується в найбільш характерних місцях руслових утворень, таких як боковики, острови, з багаторазовим повторенням (не менше 3), методом шурфування. За наявності самовимощення відбір шару ґрунту і підстильної основи виконується окремо.

4.3.6. Маса відібраної проби визначається крупністю наносів і орієнтовно дорівнює двократному максимальному діаметру частки ґрунту.

4.3.7. Обробка проб ґрунту зводиться до просушування його, розподілу на фракції шляхом просіювання через стандартні сита і зважування. Результати механічної обробки проб ґрунту заносять в загальноприйнятую табличну форму, за даними якої будуються гранулометричні криві.

4.3.8. Середньозважений діаметр часток ґрунту $d_{cp.3\phi}$, мм в пробі визначається за формулою:

$$d_{cp.3\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot P_i}{100}, \quad (4.2)$$

де d_i - середній діаметр i -тої фракції, мм;

P_i - відсоток i -тої фракції в загальній масі проби наносів.

4.3.9. Для оцінки складу донних (руслоформуючих) наносів використовується коефіцієнт неоднорідності наносів, який змінюється від 0 до 1 і розраховується за формулою 3.3.

4.3.10. В деяких випадках для оцінки однорідності дрібних і крупних фракцій ґрунтів використовують коефіцієнт різнозернистості K , який визначається за формулою:

$$K = \frac{d_{95}}{d_5}. \quad (4.3)$$

У випадку, якщо $K \leq 5$, донні наноси вважаються однозернистими.

4.3.11. За відсутності даних гранулометричного складу наносів рекомендується використовувати картосхему розподілу $d_{cp.3\phi}$ по річках Українських Карпат (рисунок 4.1), дані якої дозволять з достатньою для практичних розрахунків точністю знайти також інші параметри кривої гранулометричного складу наносів, а саме:

- середньозважений діаметр самовимощення $D_{зр.3\phi}$, мм, який обчислюють за виразом:

$$D_{cp.3\phi} = a \cdot d_{cp.3\phi}, \quad (4.4)$$

де a - числовий коефіцієнт, який для скельних русел дорівнює 1,4; стиснених - 1,7; обмеженомеандруючих - 1,9; осередкових - 1,6; каналізованих - 1,5; меандруючих - 1,4;

- коефіцієнт неоднорідності самовимощення наносів K_{So} визначається за формулою:

$$K_{So} = \frac{0,7 d_{cp.3\phi}}{D_{cp.3\phi}}. \quad (4.5)$$

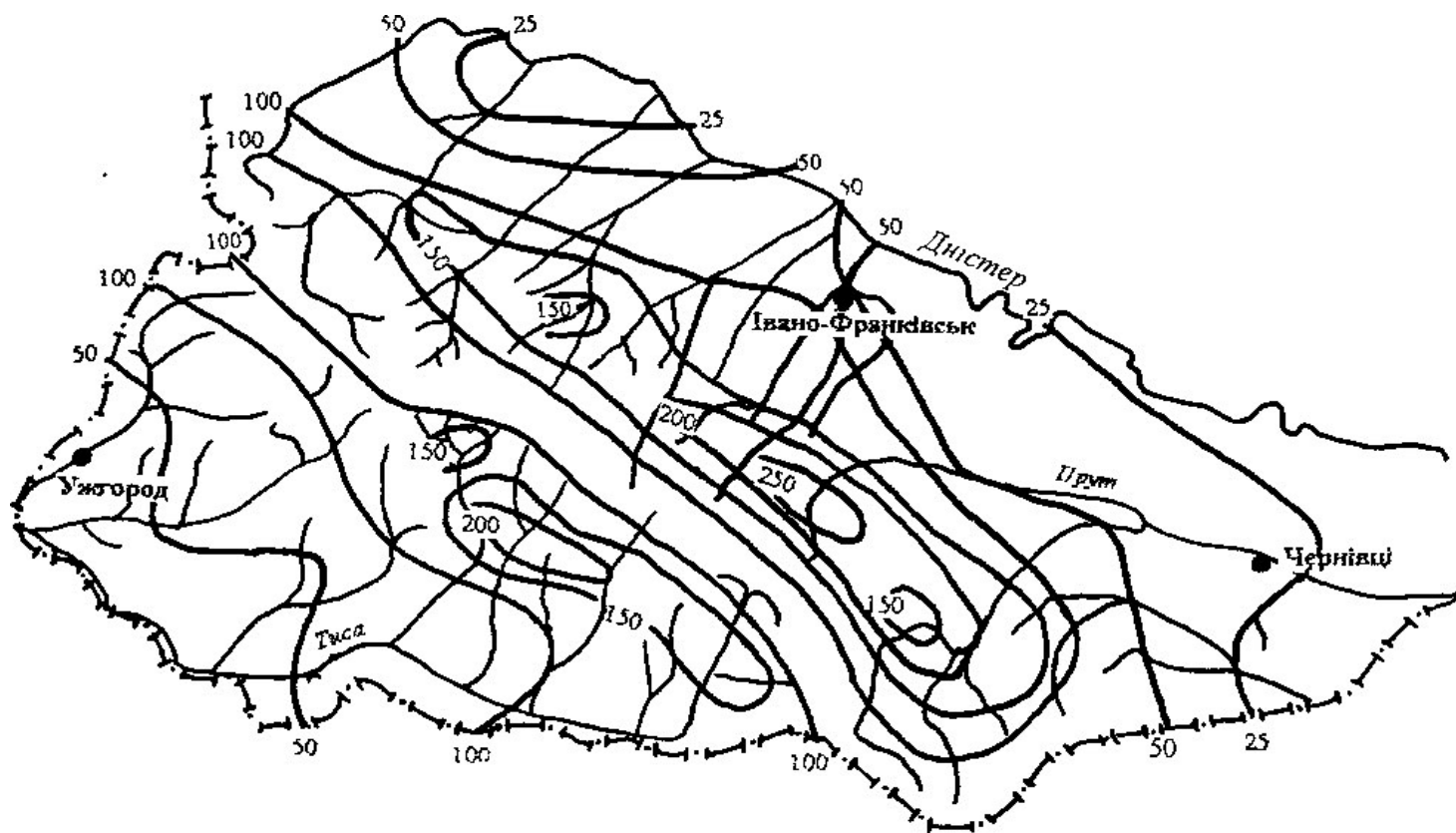


Рисунок 4.1 – Розподіл крупності наносів ($d_{\text{ср.зв}}$) в руслах річок Українських Карпат

4.3.12. Рух наносів здійснюється в дискретній формі у вигляді мікро- і мезоформ (гряд). При цьому найважливішою характеристикою динаміки гряд є їх швидкість, визначення якої дозволяє розрахувати об'єм стоку донних рухомих наносів.

4.3.13. Методика розрахунку стоку наносів для гірських річок включає: детальний топографічний план ділянки русла, конкретний або типовий гідрограф стоку води даної річки $Q = f(T)$, криву зміни рівня води протягом року $H = f(T)$, гранулометричний склад донних наносів в характерних місцях фрагментів русла, план поверхневих швидкостей, графік зв'язку $V = f(H)$, $Q = f(V)$, а також дані про стік завислих наносів протягом року.

4.3.14. Динамічна рівновага в руслі річки кількісно характеризується руслоформуючими витратами води. На гідрографі паводкового рівня води встановлюється початковий руслоформуючий рівень. Між початковим і максимальним рівнем води на гідрографі визначається середній руслоформуючий рівень, який відображає дійсний хід руслових переформувань в часі між вершиною та початковим руслоформуючим рівнем, адже на вершині гідрографа швидкість руху наносів значно вища, ніж на початковому його рівні. Подібний підхід до розрахунку терміну активного руху наносів дозволяє більш достовірно дати їм оцінку.

4.3.15. Розрахунок стоку наносів виконується для кожного паводка. Ті паводки, що пройшли в межах русла і відповідають розрахунковій витраті води $Q_{p,ф}$, необхідно віднести до руслоформуючих, а ті, що пройшли з витратами води вище рівня $Q_{p,ф}$ і викликали необоротні руслові деформації, слід віднести до руслоруйнуючих. Для цих двох класів паводків вибирається та чи інша методика розрахунку стоків наносів.

Оцінка стоку наносів річок Українських Карпат та приклад розрахунку твердого стоку приведені в додатку Г.

5. РЕГУЛЮВАННЯ ТА ПРОПУСК ПАВОДКІВ

5.1. Встановлення верхніх меж пропуску паводків

5.1.1. Встановлення критичних меж у рівнях паводків дозволить заздалегідь привести до готовності відповідні інженерно-технічні служби і засоби до пропуску паводкових витрат води на річках Карпат та своєчасно вжити заходи по їх запобіганню.

Рівневий режим паводкового стоку в гірській та передгірській зоні регіону тісно пов'язаний з морфометричними характеристиками русел річок і дозволяє виділити три характерні рівні за їх впливом на навколишнє середовище, а саме:

- безаварійний паводок, рівні води при якому проходять в межах бровок русла з незначним затопленням території без суттєвого прояву необоротних руслових деформацій;

- паводок часткового затоплення заплавних територій із значними аварійними наслідками і розмивом берегів русла переважно на криволінійних його ділянках;

- паводок із значним затопленням заплавних територій і з можливими катастрофічними наслідками, а також інтенсивним розвитком необоротних руслових деформацій і переформуванням рельєфу заплавних територій.

Відповідно до рівня паводка визначаються і ступені захисту - I, II і III, з введенням яких приймаються відповідні дії служб з ліквідації надзвичайних ситуацій.

5.1.2. Критерієм у визначенні межі безаварійного проходження паводка є руслоформуючий рівень води, який розраховується за формулою 4.1.

Як правило, руслоформуючі витрати води для достатньо сформованих русел не перевищують рівня відмітки корінних берегів або миттєвих максимальних витрат води 15-20 % забезпеченості. Середня швидкість течії води, яка відповідає даному стану, приймається за допустиму незриваючу. Активність руслових деформацій досить висока, що може призвести до виникнення аварійних ситуацій на окремих об'єктах догляду. Службам з ліквідації належить діяти у відповідності до I ступеня захисту.

5.1.3. З досягненням паводковими водами рівнів 10-15% забезпеченості частково затоплюються прилеглі території та окремі житлові і господарські будівлі. Інтенсивність розвитку вертикальних і горизонтальних деформацій посилюється, що може призвести до виникнення аварійних ситуацій. Тому службам з ліквідації надзвичайних ситуацій необхідно діяти у відповідності до II ступеня захисту від паводків.

5.1.4. За паводок з можливими аварійними наслідками на річках Карпат слід приймати такий, який досягає або перевищує рівень 10% забезпеченості миттєвих максимальних витрат води. При цьому рівні в руслі річки спостерігається інтенсивний рух наносів, крупність яких перевищує максимальні розміри часток самовимощення.

Середня швидкість течії води дорівнює «зриваючій» для неоднорідних наносів - $V_{зр.н.}$

Перевищення рівня 10% відмітки максимальних миттєвих витрат води дає підставу службам з ліквідації надзвичайних ситуацій діяти згідно III ступеня захисту від паводків.

5.1.5. Встановлені межі критичних рівнів проходження паводків на річках Карпат і надані їм вертикальні відмітки заносяться до паспортних даних об'єктів паспортизації.

5.2. Вибір регулювальних руслових гідротехнічних споруд

5.2.1. Захисно-регулювальні споруди на річках Карпат розподіляються в залежності від їх основного призначення, конструктивних характеристик, довговічності та інших ознак, що вказують на межі їх застосування та впливу на стік води і наносів.

5.2.2. До комплексу протипаводкових заходів входить:

- розроблення загального перспективного плану виконання робіт з регулювання паводкового стоку та будівництва берегозахисних споруд в кожному басейні річки;
- проведення протиерозійних, протиселевих і протизсувних заходів на бокових притоках основної річки, їх схилах шляхом будівництва наносозатримуючих споруд і регулювальних водоймищ;
- ліквідація місць інтенсивного розвитку бокової ерозії по всій довжині водотоку;
- усунення штучних перешкод, що спричинили зменшення площі поперечного перерізу русла, а відтак і його пропускної здатності, внаслідок будівництва мостових і комунікаційних переходів, житлових та господарських будівель;
- розчищення русел від захаращень кореневищами, чагарниками, накопичень наносів та контроль за складуванням гравійно-галькової суміші і лісоматеріалів.

5.2.3. При розробленні заходів з регулювання русел річок і захисту прилеглих територій від затоплення необхідно керуватись наступними характерними природно-техногенними особливостями регіону, а саме:

- переважна більшість населених пунктів, сільськогосподарських угідь, комунікаційних та промислових об'єктів розташовані на заплавах річок і на прилеглих до них територіях, більша частина яких затоплюється вже при досягненні рівня паводка 10-15% забезпеченості;
- нерівномірність у розподілі стоку води на річках як протягом одного року, так і в багаторічному розрізі часу, коли максимальні витрати води в десятки разів перевищують середньорічні витрати стоку і в кілька разів - пропускну здатність русла річки;

- наявність легкорозмивних ґрунтів, що складають береги і схили долин в передгірській частині, та селевих і зсувних виносів у гірській зоні регіону;

- антропогенно-техногенне перевантаження регіону, що проявляється у великій кількості житлових і господарських будівель на заплавах, мостових і нафтогазопереходів, ЛЕП, ліній зв'язку, автошляхів та залізничних магістралей, у влаштуванні кар'єрних господарств та ін., що зменшує або порушує пропускну здатність русла річки і таким чином негативно впливає на проходження катастрофічних паводків.

5.2.4. Варіанти раціонального розміщення інженерних споруд для захисту від паводків визначаються шляхом техніко-економічного порівняння. За критерій оптимізації обирається сума збитків, завданих паводком, і затрат по окремих варіантах проектів інженерних заходів. Основою для вирішення поставлених питань є:

- дані статистичних обробок рядів спостережень за рівнями і витратами води, що характеризують імовірність повторення паводків, а також карти з нанесеними на них ЗМЗ;

- техніко-економічний аналіз доцільності впровадження протипаводкових заходів і берегозахисних робіт в порівнянні з сумою можливих збитків;

- результати аналізу перспективних оптимальних комбінацій інженерних заходів з регулювання русла річки і стоку води з урахуванням раціонального використання водних ресурсів і охорони навколишнього середовища.

5.2.5. Берегозахисні і регулювальні споруди повинні в комплексі з іншими інженерними заходами забезпечувати:

- безпечний пропуск паводкової витрати води нормативної забезпеченості;
- зменшення і в подальшому - сприяння відносній стабілізації ерозійних процесів на водозбірній площі річки, в її руслі і долині;
- мінімізацію збитків під час проходження паводків;
- надійність роботи конструкцій гідротехнічних споруд протягом нормативного терміну їх експлуатації з урахуванням шкідливої дії на них завислих і рухомих по дну наносів, а також льодових навантажень.

5.2.6. При проектуванні берегозахисних і регулювальних споруд необхідно виконати оцінку їх роботи за наявності вище і нижче розташованих гідротехнічних споруд з урахуванням типу руслового процесу. Основними питаннями при цьому слід вважати:

- сумісність роботи споруд різного функціонального призначення, наприклад, протиаводкові і протиселеві, протиерозійні і меліоративні і т.п.;
- черговість спорудження та введення їх в експлуатацію;
- віддаленість об'єктів від населених пунктів та доступ до проведення ремонтно-відновлювальних робіт;
- використання різних за типом і конструктивними характеристиками споруд, можливість впровадження конструкцій з використанням місцевих будівельних матеріалів.

5.2.7. Виходячи з умов п. 5.2.2.-5.2.6, заключний варіант вибору захисно-регулювальних заходів і окремих споруд для конкретного об'єкта повинен прийматись на основі порівняння результатів техніко-економічних показників різних варіантів, висновків з оцінки соціальних і економічних потреб розвитку району будівництва, а також нормативного класу гідротехнічних споруд.

5.2.8. Ефективність проектних рішень в протиаводкових заходах переважно залежить від вдалої оцінки типу руслового процесу як в природному його стані, так і в умовах впливу цих споруд. Важливим фактором при цьому є врахування зміни природного ходу руслових деформацій на вище і нижче розташованих ділянках річки під впливом проведених заходів. Тому, окрім визначення типу і напрямку розвитку руслового процесу в природному його стані, необхідно виконати прогнози розрахунки розвитку руслового процесу.

5.2.9. Підбір необхідних протиаводкових і протиерозійних заходів та їх споруд виконується згідно поставлених в технічному завданні вимог, положень, сформульованих в п. 5.2.2-5.2.8, окремих пропозицій, висвітлених також в додатку Д.

5.2.10. При берегозахисних і регулювальних роботах у верхів'ях гірських річок, де в основному переважає площинний змив і формування селевих виносів, а також де повсюдно зустрічаються виходи корінних гірських порід, необхідно зосередити увагу, в першу чергу, на виконанні протиселевих і протиерозійних заходів шляхом лісонасадження, влаштування наносозатримуючих споруд, огорожувальних дамб, селенаправляючих лотків, терасування схилів, а в окремих випадках, при розвитку бокової ерозії в руслі, пропонується використовувати, в залежності від місцевих умов, поздовжні або донні поперечні берегозахисні покриття, підпірні стінки, загати, пороги.

5.2.11. На гірських ділянках річок, за наявності заплав і надзаплавних терас, що відповідають стисненим руслам зі стрімкими берегами, стисненим руслам з

необмеженим надходженням наносів та руслам обмеженого меандрування, пропонується, в основному, застосовувати поздовжнє берегове кріплення в поєднанні з лісонасадженням, підпірні стінки, а в окремих випадках, на розширених ділянках річки можна застосовувати загати і напівзагати. На збезлісених, стрімких схилах долини необхідно виконувати протизсувні та протиселеві заходи, такі як лісонасадження, огорожувальні дамби, загати, напівзагати.

5.2.12. При регулюванні твердого стоку в гірській частині Карпат необхідно керуватись наступним:

- на північно-східному схилі регіону, де формування твердого стоку і його надходження в передгірську зону обмежене, застосовувати, без належної на те необхідності і наукового обґрунтування, поперечні наносозатримуючі загати і напівзагати не рекомендується, оскільки надмірний відбір гравійно-галькової суміші із русел і заплав річок в Прикарпатті протягом кількох останніх десятиріч призвів до інтенсивного розвитку необоротних руслових деформацій - розмивання берегів, пониження відміток ложа річок, просідання в руслі рівнів ґрунтових вод на прилеглих територіях тощо, призупинити які можливо лише за рахунок збільшення частки надходження наносів з гірської зони регіону;

- на південно-західному схилі Карпат, де об'єми надходження наносів до передгірської зони регіону, порівняно з Прикарпаттям, у кілька разів вищі, необхідно сприяти впровадженню наносозатримуючих заходів на всій водозбірній площі шляхом будівництва огорожувальних дамб, а в місцях розширення долин створювати акумулюючі ємкості для затримання наносів, не зменшуючи при цьому пропускної здатності основного русла.

5.2.13. На передгірських ділянках річок при осередковому типі русел пропонується використовувати поряд з біологічним кріпленням поздовжні захисно-регулювальні споруди - огорожувальні дамби, напівзагати, кріплення укосів дамб, берегів.

Забезпечення безаварійного пропуску паводкових витрат води в цій зоні може досягатись за рахунок створення водопропускного коридору в міждамбовому просторі, як шляхом нарощення відміток верху дамб спеціально розробленими для цієї мети захисними спорудами, так і відгортанням відкладів наносів в той чи інший бік берега. При цьому компоновка та розрахунок русловиправної траси приведені в ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 і в додатку Ж.

5.2.14. В руслах незавершеного і вільномеандруючого типу пропонується використовувати поряд з біологічним кріпленням - поздовжнє, таке як гнучке покриття, підпірні стінки, а також струмененаправляючі пристрої у вигляді щитів.

Напівзагати можуть бути використані лише при належному на те обґрунтуванні.

6. ОРГАНІЗАЦІНО-ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ ЩОДО ДОГЛЯДУ ЗА РУСЛАМИ І ГІДРОТЕХНІЧНИМИ СПОРУДАМИ

6.1. Загальні питання нагляду та догляду за річковими захисно-регулювальними спорудами

6.1.1. Нагляд - це комплекс організаційно-технічних заходів, що спрямовані на отримання оперативної інформації про стан об'єктів нагляду, їх охорону, попередження аварійних ситуацій та покращення технічного стану гідротехнічних споруд шляхом їх удосконалення.

Сюди належать наступні види робіт:

- охорона захисно-регулювальних споруд від руйнування і пошкодження;
- спостереження за роботою захисно-регулювальних споруд і руслами річок;
- проведення роз'яснювальної роботи серед місцевого населення стосовно правил охорони і використання водних ресурсів;
- виявлення місць початкового розвитку руслових деформацій та ділянок можливих аварійних ситуацій;
- проведення необхідних гідрометричних робіт на тимчасових водомірних постах;
- встановлення причин, що призвели до руйнування гідротехнічних споруд чи окремих їх елементів;
- участь у збиранні даних стосовно збитків, які були нанесені паводками і селевими потоками;
- покращення технічного стану і вдосконалення схем регулювання гірських річок.

6.1.2. Нагляд включає в себе систематичні спостереження, періодичні і позачергові заміри, нівелювання та обстеження. Перелік основних видів нагляду наведений в «Положенні про проведення планово-попереджувальних ремонтів

меліоративних систем і споруд», затвердженому Держводгоспом України від 01.10.99 р. за № 151.

6.1.3. Систематичне спостереження за роботою захисно-регулювальних споруд з метою забезпечення проектного режиму роботи, своєчасного виявлення та усунення пошкоджень здійснюється спеціалістами експлуатаційних організацій. В системі Держводгоспу України систематичний нагляд здійснюють спеціалісти експлуатаційної водогосподарської організації.

Дані спостережень заносяться до журналу нагляду за технічним станом гідротехнічних споруд і використовуються як первинні вихідні дані для прийняття рішень про проведення ремонту.

6.1.4. Періодичні спостереження згідно ВНД 33-5.5-08-2001 проводяться у характерні періоди року (до, під час та після зміни водного режиму): у весняний період року - за 20...30 діб до проходження повені; під час проходження повені - цілодобово; після спадання рівня повеневих вод; у літній період - у межень; в осінній період - перед встановленням снігового покриву або стійкого холодного періоду року; у зимовий період - під час льодоставу.

6.1.5. Спостереження за станом захисно-регулювальних споруд за видами поділяються на візуальні та інструментальні.

Візуальні спостереження ґрунтуються на періодичних оглядах з одночасним описом їх стану, фотографуванням та зарисовками.

Інструментальні спостереження виконуються геодезичними методами, що дає змогу отримати більш детальний план ділянки з горизонтальною та висотною прив'язкою.

6.1.6. Візуальні спостереження виконуються для виявлення дефектів захисно-регулювальних споруд у період їх експлуатації. Встановлюють місцеві деформації земляних дамб, просідання, зсуви, тріщини, розмиви укосів та верху дамб. Звертається увага на стан кріплення укосів дамб, їх деформації і руйнування плит, зміщення, розширення швів, сповзання.

6.1.7. При візуальних спостереженнях за деформаціями кріплення берегів річок необхідно також особливу увагу надавати вимиванню піщано-гравійної підготовки через шви облицювання, деформації елементів кріплення під впливом льодових навантажень, підмиву основи споруд.

6.1.8. Позачергові обстеження захисно-регулювальних споруд пов'язані з аварійними пошкодженнями і виконуються спеціальними комісіями. При цьому до роботи залучаються представники проектних, наукових та інших організацій.

6.1.9. Результати періодичних і позачергових спостережень оформлюються актами, які в подальшому додаються до журналів спостережень за спорудами.

6.1.10. Зміст спостережень, терміни та методика їх виконання визначаються виробничою інструкцією, а їх періодичність встановлюється щорічним календарним планом і затверджується начальником експлуатаційної водогосподарської організації.

6.1.11. Технічний догляд - це комплекс організаційно-технічних заходів, які спрямовані на проведення обсягів робіт, що виконуються в процесі поточної експлуатації і полягають у виконанні ремонтно-профілактичних робіт на гідротехнічних спорудах, які забезпечують захист населених пунктів, комунікаційних споруд та сільськогосподарських і лісових угідь від руйнівної дії паводкових вод, ерозійно-зсувних і селевих проявів.

6.1.12. Догляд за захисно-регулювальними спорудами ґрунтується на своєчасному виконанні ремонтних робіт та здійсненні заходів з підтримання їх в робочому стані. До цих робіт та заходів слід віднести:

- очищення укосів берегів річок і дамб від бур'янів та кореневищ;
- очищення від сміття водоскидних отворів, отворів мостових переходів, регуляторів та інших гідротехнічних споруд;
- підготування захисно-регулювальних споруд до пропуску льоду, весняних, літніх та осінньо-зимових паводків і консервація споруд на зимовий період;
- видалення з водотоків і споруд випадкових предметів, що заважають вільному проходженню течії води, та ліквідація інших перешкод в руслі річки, в міждамбовому просторі, які можуть вплинути на пропуск паводкових витрат води;
- підтримання споруд у справному стані.

6.1.13. В основу підрахунку необхідних обсягів робіт з підтримання в належному стані руслової мережі, гідротехнічних споруд та удосконалення самих схем регулювання річок покладають матеріали їх обстежень, а також дані виробничих випробувань.

6.1.14. При експлуатації земляних споруд основними заходами з підтримання їх в належному стані є:

- догляд за зовнішнім виглядом земляних споруд (при виявленні на них просядок, тріщин, зсувів, ерозійних вимоїн мають бути вжиті заходи щодо ліквідації причин їх виникнення);

- охорона дамб від механічних пошкоджень льодом під час проходження повені і зимових паводків;

- ліквідація можливого прориву дамб в місцях проростання рослинного коріння та розвитку ерозійних і руслових деформацій;

- заборона випасання худоби та її перегону по дамбах;

- заборона влаштування переїздів через дамби в непризначених для цього місцях.

6.1.15. Основними заходами з охорони біологічного кріплення та його підтримання в робочому стані є:

- збереження насаджень від самовільних вирубувань і випасання худоби;

- відновлення насаджень;

- періодичне (через кожні 2-3 роки) вибіркове розчищення насаджень чагарників.

6.1.16. Захисно-регулювальні споруди, незалежно від класу капітальності, технічних особливостей об'єкта, підлягають періодичним обстеженням, метою яких є оцінка їх технічного стану і вибір обґрунтованих заходів щодо забезпечення надійності та подальшої їх безпечної експлуатації.

6.1.17. Обстеження та паспортизація споруд повинні виконуватись регулярно, згідно плану, з періодичністю, передбаченою відомчими правилами з експлуатації споруд.

6.1.18. Позачергові обстеження як самостійний вид робіт виконуються додатково до планових у таких випадках:

- при виявленні ознак аварійного стану окремих конструкцій або частин споруд;

- при суттєвих змінах передбачених проектом навантажень та впливів;

- при плануванні капітального ремонту, реконструкції або технічного переозброєння;

- на вимогу представників органів державного нагляду.

6.1.19. Для проведення позачергових обстежень начальником експлуатаційної водогосподарської організації видається наказ з визначенням об'єктів, що підлягають обстеженню, видів і термінів обстеження, джерел фінансування та призначення відповідальних за організаційно-технічне забезпечення зазначених робіт.

6.1.20. Спеціальні обстеження рекомендується призначати в тих випадках, коли даних попередніх та інструментальних обстежень недостатньо для прийняття обґрунтованих рішень про технічний стан, функціональну придатність та безпечність споруд.

6.1.21. За результатами обстеження складають акт перевірки стану споруди, який затверджується керівником організації, в зоні діяльності якої знаходиться об'єкт обстеження. Акт обстежень є підставою для планування і виконання аварійно-ремонтних і захисних робіт в установленому порядку.

6.2. Підготовка русла і гідротехнічних споруд до пропуску паводків

6.2.1. Специфічні умови у формуванні та проходженні паводкових витрат води на річках Українських Карпат, які можуть мати місце протягом усього періоду року, суттєво впливають на умови роботи захисно-регулювальних споруд, що необхідно враховувати при плануванні і виконанні заходів з їх експлуатації.

6.2.2. У зимовий період виконується нагляд за роботою споруд та їх охорона від руйнувань. В місцях льодоставу вздовж кріплення укосів дамб, біля оголовків споруд і в інших небезпечних місцях сколюють кригу. За необхідності очищуються від заносів і обледеніння отвори гідротехнічних споруд. Виконується профілактичний ремонт гідротехнічних споруд і захисних дамб, ліквідація тріщин, просідань укосів, а також санітарне вирубування чагарника і заготівля матеріалу для ремонтних робіт.

В зимовий період виконуються також профілактичні заходи проти накопичення шуги і криги, що може в подальшому призвести до утворення затору, який в свою чергу може спричинити підпір води і прорив огорожувальних дамб.

Для запобігання утворенню заторів з крупних крижин при проходженні через отвори гідротехнічних споруд або при осіданні на укосах, їх розбивають, а на звивинах річок ліквідовують скупчення.

Організацію і проведення підривних робіт з ліквідації льодових заторів узгоджують з районними і обласними комісіями з ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

При льодоставах організовують посилений нагляд за огорожувальними дамбами.

6.2.3. Найбільш відповідальний період в нагляді за гідротехнічними спорудами - проходження літніх паводків. На цей період створюються обласні і районні комісії з ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Вони здійснюють огляд споруд, перевіряють їх готовність до пропускання паводків, керують роботами з пропускання паводка, планують і здійснюють заходи з ліквідації виявлених пошкоджень.

6.2.4. Роботи з підготовки захисно-регулювальних споруд до пропускання паводків і в подальшому виконуються силами постійного обслуговуючого персоналу.

6.2.5. До настання паводків захисно-регулювальні споруди ретельно обстежуються.

6.2.6. Отвори гідротехнічних споруд очищують від снігу, криги, накопичення сміття. Перевіряють справність підймальних пристроїв, затворів.

6.2.7. На період пропускання паводка встановлюють цілодобове чергування працівників комісії з ліквідації надзвичайних ситуацій. Відповідальним за пропускання паводка призначається інженер ділянки. В його розпорядження передається аварійна бригада робітників, аварійний запас матеріалів, інструменти, обладнання, будівельні машини і транспортні засоби.

6.2.8. Начальники експлуатаційних водогосподарських організацій постійно інформують керівні організації про рівні води у річці, заходи, які будуть вживатись для пропускання паводка, та можливі наслідки.

6.2.9. Кількість заготовлених аварійних запасів матеріалів розраховується згідно ВТЕН 33-3.1-03-2001. Доступ до місць зберігання аварійних запасів матеріалів дозволено тільки персоналу, що виконує експлуатацію захисно-регулювальних споруд.

6.2.10. На огорожувальних дамбах під час проходження високих паводків встановлюється цілодобове чергування працівників експлуатаційних служб і землекористувачів для своєчасного попередження можливого переливу води через гребінь дамб.

На небезпечних ділянках поблизу місць можливого прориву концентрують аварійні запаси матеріалів, необхідну техніку і організовують їх освітлення.

6.2.11. Запобігання переливу води через гребінь дамби досягається попереднім наросуванням відміток її верху шляхом підсипання, укладання мішків, заповнених місцевим алювіальним матеріалом або іншими придатними для цієї мети засобами.

6.2.12. Необхідно вести спостереження за фільтрацією через тіло дамби з метою своєчасного виявлення місць можливого прориву водотоку через дамбу. Подібні види

фільтрації найчастіше спостерігаються в місцях з'єднання дамби з бетонними спорудами або іншими елементами (берегом, низовою частиною споруди).

Виявлені місця фільтрації ліквідовуються всіма можливими засобами і фіксуються в журналі візуального обстеження, дані якого будуть використані для ліквідації пошкоджень, що спричинили фільтрацію.

6.2.13. Після проходження паводка комісія здійснює обстеження всіх захисно-регулювальних споруд, і виявлені пошкодження заносяться до актів обстеження. В них повинні бути зафіксовані причини пошкоджень, методи і терміни їх усунення, а також рекомендації для наступного пропускання паводка. Крім того, у звіті мають бути зафіксовані основні характеристики - інтенсивність наростання і спаду паводкових рівнів, обсяги затрат матеріалів, робочої сили, механізмів, транспорту та сума коштів, які були витрачені для ліквідації пошкоджень і аварійних ситуацій.

6.2.14. В літньо-осінній період виконуються ремонтно-відновлювальні роботи на укосах дамб і берегів, інших гідротехнічних спорудах, посів трав, одернування укосів, поновлення біологічного кріплення, розчищення русел та ін.

6.2.15. Обстеження стану підводних елементів кріплення виконується в період межені і при достатній прозорості води один раз на рік та додатково - після проходження руслоформуючих паводків.

6.3.16. Обов'язковим у виконанні робіт з догляду за захисно-регулювальними спорудами є післяпаводкове розчищення річки від завалів та інших засмічень, профілактичне обстеження і ремонт споруд, їх захист від пошкоджень.

6.3. Організація проведення розчищення русла і заплави від надмірного їх захаращення

6.3.1. Контроль за пропускнуою здатністю русла річки та її заплави з урахуванням проходження паводка на рівні 1% забезпеченості миттєвих максимальних витрат води здійснюється в створах опорних поперечників.

У випадку, коли безаварійне проходження паводка не забезпечується, приймаються заходи з усунення загрози виходу паводкових вод на прилеглу територію.

6.3.2. До комплексу робіт із забезпечення проходження високих паводків входить: розчищення русел від захаращення чагарниками, кореневищами дерев та накопичень наносів.

6.3.3. Звільнення русла від зайвих нагромаджень донних наносів здійснюється кількома шляхами, а саме:

- необхідна площа поперечного перерізу русла досягається за допомогою його розчищення. Відвали ґрунту накопичуються на правому і лівому березі у вигляді огорожувальних дамб або ж складаються в спеціально відведених для цієї мети місцях;

- острівні утворення, боковики, пляжні відмілини тощо, які досягають значних розмірів і є суттєвою перешкодою для безаварійного пропуску паводкових витрат води, впорядковують шляхом влаштування виправних трас, які в подальшому сприятимуть активному розвитку ерозійних процесів і розмиванню морфометричних утворень під час проходження паводка, а відтак і збільшенню питомої руслової ємності річки $W_{p.ф.}$.

6.3.4. На всі види робіт, пов'язані із забезпеченням пропускної здатності русла річки, складається відповідна технічна документація, яка погоджується з загальним планом робіт, що передбачається виконати в басейні річки.

Типи русел річок Українських Карпат

На річках Українських Карпат зустрічаються наступні типи русел (рисунки А.1, А.2):

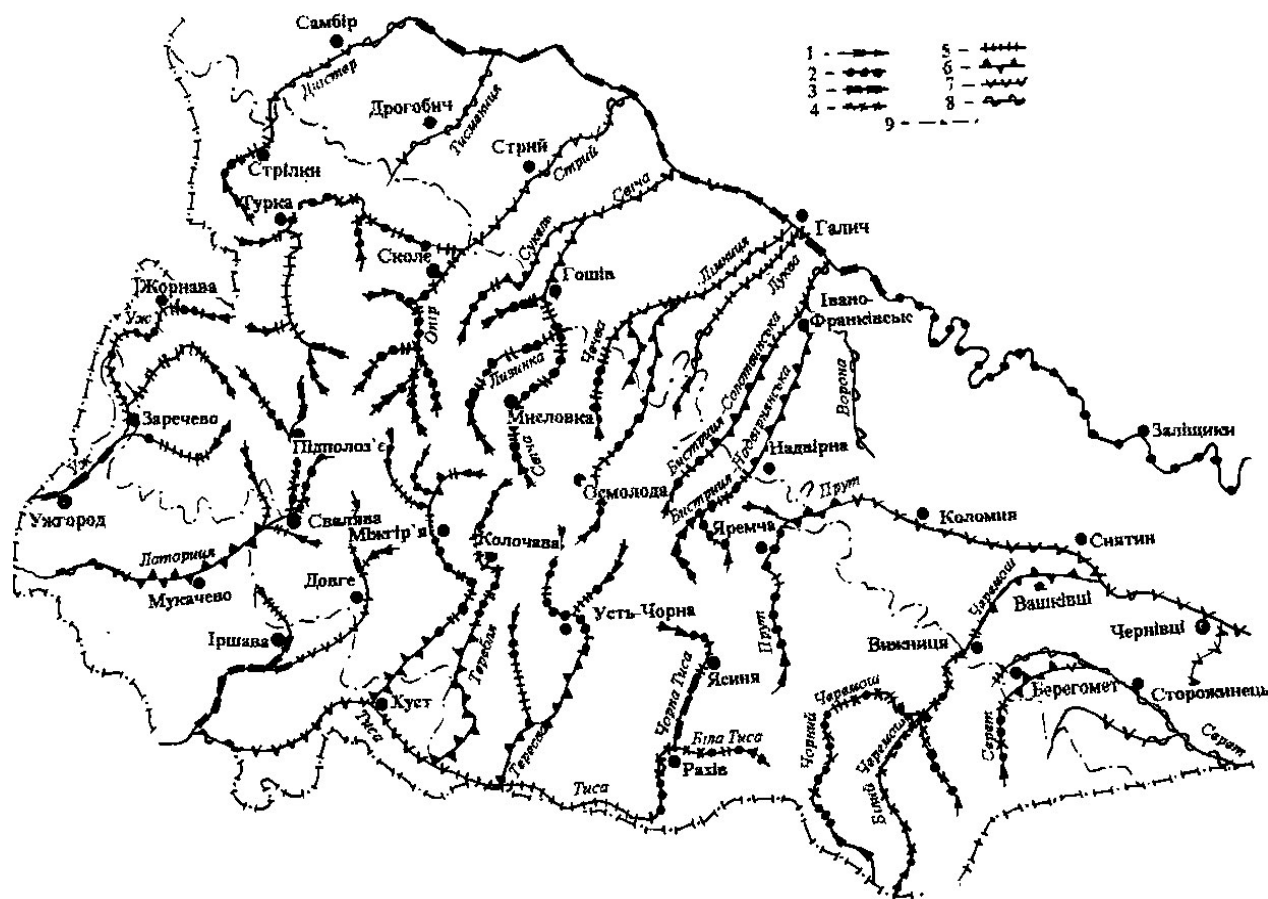
- нерозмиваюче (скельне) русло з нечітко виявленими берегами;
- стиснене русло (тіснина) з обривистими берегами;
- каналізоване русло;
- стиснене русло з необмеженим надхоженням наносів;
- русло обмеженого меандрування;
- осередковий тип (руслова багаторукавність);
- русло незавершеного меандрування;
- русло вільного меандрування.

В нерозмиваючих руслах з нечітко виявленими берегами (рисунок А.2,а) водний потік навіть в найвищі паводки не в змозі помітно заглибитися у важкорозмивному скельному ложі. Потік в основному транспортує матеріал осипу із схилів долини, які представлені ще малообкатаними частками. Цей тип руслового процесу зустрічається майже на всіх річках Українських Карпат, причому головним чином у верхів'ях основних русел і на мілких бокових притоках. Поперечні перерізи русла мають трикутну форму з виположистими бровками і відносно вузькою V-подібною долиною.

Стиснені русла з обривистими берегами (рисунок А.2,б) зустрічаються в гірській частині. Русла водотоків заглиблені у важкорозмивні ложа гірських долин. Звивини річки, як правило, співпадають із звивинами гірської долини. Дно тіснини представлене як корінними скельними породами, так і малообкатаними слаботранспортованими валунами різної крупності, які часто виступають з меженного русла.

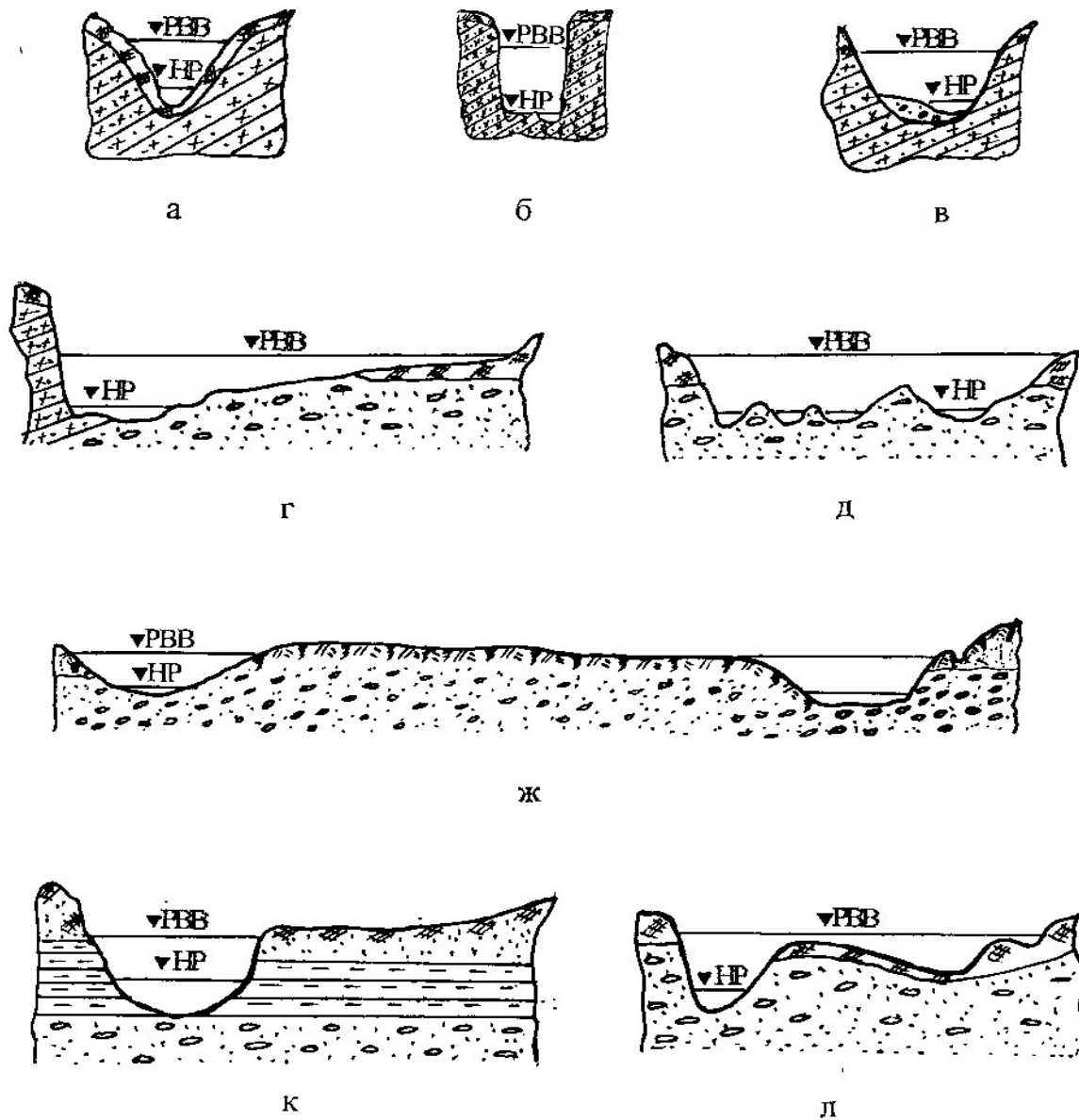
Тут можна бачити безладні скупчення руслових відкладів, складених з обкатаного піщаника різної крупності, які приурочені до випуклих берегів поворотів долини.

Каналізоване русло (рисунок А.2, в) розташовується, як правило, в широких долинах і утворюється в заплавах, складених русловими відкладами водотоків. Каналізовані русла характеризуються помірною звивистістю. Між поворотами русла мають місце прямолінійні ділянки значної довжини. Характерною відміною цього типу русел є розташування вздовж обох берегів деревної рослинності. Другою



- 1-нерозмивне (скельне) русло з нечітко виявленими берегами;
 2-стиснене русло (тіщина) з обривистими берегами;
 3-каналізоване русло;
 4-стиснене русло з необмеженим надходженням наносів;
 5-русло обмеженого меандрування;
 6 – осередковий тип руслових форм (руслова багаторукавність);
 7 – русло незавершеного меандрування;
 8 – русло вільного меандрування;
 9 – межа гір

Рисунок А.1 – Типи руслових форм на річках Українських Карпат



- а - нерозмивне (скельове) русло з нечітко виявленими берегами;
- б - стиснене русло (тіщина) з обривистими берегами;
- в - стиснене русло з необмеженим надходженням наносів;
- г - русло обмеженого меандрування;
- д - осередковий тип руслових форм (руслова багаторукавність);
- ж - незавершене меандрування;
- к - каналізоване русло;
- л - вільне меандрування

Рисунок А.2 - Характерні поперечні профілі типів руслових форм річок Українських Карпат

відмінною особливістю є практично повна відсутність відмілин руслових відкладів, особливо на прямолінійних ділянках. Меженний потік заповнює ці русла по всій ширині, що нагадує штучні водотоки (канали). Ложа цього типу русел мають яскраво виявлене самовимощення, що свідчить про їх високу опірність, а отже і стійкість проти розмиву.

Стиснені русла з необмеженим надходженням наносів (рисунок А.2, г) - це русла з важкорозмивними берегами, в яких внаслідок надлишкового надходження твердого стоку порівняно з транспортуючою здатністю потоку створюються сприятливі умови для акумуляції значного шару рухомих по дну наносів і утворення руслових форм у вигляді боковиків і відмілин. Оскільки конфігурація таких ділянок річок значною мірою визначається звивистістю звуженої гірської долини, то тут спостерігається часта зміна відносно коротких прямолінійних ділянок боковикового характеру зі звивинами русла, на яких зустрічаються порівняно значні відмілини руслових відкладів, прилеглих до випуклих берегів. Цей тип русел має місце в середній гірській частині річок Карпат (у звуженнях), а на ділянках розширеної долини річки чергуються з руслами обмеженого меандрування і руслами стисненого типу з обмеженим надходженням наносів.

Русла обмеженого меандрування приурочені до гірської частини (рисунок А.2, д). Конфігурація русла таких ділянок в значній мірі визначається звивистістю гірської долини. На поворотах русла спостерігаються значні за розмірами відмілини, які прилягають до випуклих берегів. При обмеженому меандруванні розмиви увігнутих берегів мають межу завдяки наявності важкорозмивних схилів долини. Звивини русла відносно виположені, мають переважно правильну синусоїдальну форму. Ширина поясу меандрування дорівнює ширині дна долини.

Осередковий тип руслового процесу (рисунок А.2, ж) на річках Карпат найчастіше зустрічається в місцях різкої зміни ухилу або різкого розширення гірської долини і на ділянках виходу річки з гір. Осередковий тип русел відповідає найбільшим об'ємам твердого стоку крупних фракцій, які надходять на дану ділянку річки при чітко виявленій тенденції до їх акумуляції. В цьому випадку річки утворюють широкі, розпластані, відносно мілкі русла, по яких пересуваються безладні системи крупних відокремлених осередків. У випадку часто повторюваних та інтенсивних паводків ці осередки стають рухомими і мінливими, а в умовах тривалої стійкої межени обсохлі поверхні їх заростають і закріплюються, перетворюючись на острови.

Русла незавершеного меандрування (рисунок А.2,к) широко представлені на карпатських річках, починаючи безпосередньо в зоні виходу цих річок з гір, або нижче ділянок русла осередкового типу. Характерною особливістю незавершеного меандрування є наявність крупних, чітко виявлених закрутів (меандр) на різній стадії їх розвитку, які в більшості своїй мають відносно виположену форму з добре розвинутою обмілиною руслових відкладів, протяжність яких приблизно дорівнює кроку меандри. Цей тип русла формується у відносно широкій, звичайно слабо залісеній заплаві, складеній з руслових гравійно-галькових відкладів, винесених з гір даною річкою. Незавершеності розвитку меандри, поряд з важкорозмивними схилами долини і раннім утворенням спрямляючого потоку, так само як і в руслах обмеженого меандрування, в значній мірі сприяє переважна прямолінійність течії при основних руслоформуючих паводках, які легко затоплюють, як правило, невисоку плоску і слабо залісену заплаву, характерну цьому типові руслового процесу. В цих умовах відмілини руслових закрутів розвиваються і переміщуються вниз по течії за закономірностями, характерними для боковиків, що природно повинно обмежувати відставання відкладення наносів на їх випуклому березі. З одного боку, це розмивання, в основному, має місце лише при менш інтенсивних паводках, до виходу потоку на заплаву, а з іншого боку, переміщення відмілин (боковиків) під час інтенсивних паводків також зміщує і області розмивання увігнутих берегів закрутів вниз за течією, усуваючи можливість довготривалого зосередженого розмивання. Звичайно, значне місце в цьому процесі має послідовність проходження паводків різної інтенсивності та їх тривалість.

Русла вільного меандрування (рисунок А.2, л) зафіксовані на Карпатських річках головним чином на ділянках, віддалених від гір і розташованих нижче ділянок незавершеного меандрування. Русла цього типу можна зустріти навіть у верхів'ях або на всій протяжності невеликих річок, які беруть свій початок лише в передгір'ях. При такому розташуванні русел обмежене транспортування наносів при підвищенні стоку зважених наносів, продуктів розмивання заплавної фації алювію (глинисто-піщаних часток).

Найбільш характерною особливістю, що різко відрізняє його від інших типів русел річок, є постійний в часі процес розмивання увігнутого берега, який полягає в переході від форми закрутку, в плані наближеного до синусоїди.

Значення коефіцієнта шорсткості n для річок Карпат

№№ п/п	Характеристика ділянок русел і заплав	Значення коефіцієнта n
1	2	3
	<u>Русла</u>	
1	Схили басейнів гірських водотоків	0.40-0.20
2	Періодично діючі гірські водотоки схилів	0.20-0.13
3	Малі гірські водотоки з валунно-скельним руслом	0.13-0.10
4	Гірські водотоки з валунним руслом, порожисті з погано розробленою заплавою	0.10-0.08
5	Гірські водотоки з валунно-гальковим руслом і порослими лісом берегами	0.08-0.066
6	Гірські річки з гальковим руслом і стійкими, порослими лісом берегами	0.066-0.050
7	Гірські річки з піщано-гальковим руслом і відносно стійкими берегами, порослими лісом	0.050-0.040
8	Річки на передгірських ділянках з піщано-гальковим і слабостійким руслом	0.040-0.033
9	Річки на передгірських і рівнинних ділянках з піщано-гальковим добре розробленим прямим руслом	0.033-0.025
10	Річки на рівнинних ділянках з піщаним добре розробленим руслом	0.025-0.020
	<u>Заплави</u>	
1	Заплави з нерівною поверхнею, порослі лісом з великими мертвими просторами	0.40-0.20
2	Заплави з нерівною поверхнею, порослі чагарником і глибокими промоїнами та дуже косоструменевою течією	0.20-0.13
3	Заплави з нерівною поверхнею, порослі чагарником з слабкою течією	0.13-0.10
4	Заплави середніх річок з нерівною поверхнею, порослі чагарником	0.10-0.08

Продовження таблиці

1	2	3
5	Добре розроблені прямі заплави великих і середніх річок, порослі чагарником	0.08-0.066
6	Прямі заплави великих і середніх річок із задернованою рівною поверхнею	0.066-0.050

Методика розрахунку максимальних витрат води нормативної забезпеченості

Розрахунки максимальних витрат води за наявності матеріалів спостережень можуть виконуватись, якщо:

а) верхня частина кривої витрат води обґрунтована вимірюваннями або надійно екстрапольована до найвищого рівня води;

б) немає пропусків у спостереженнях за роки з видатними максимальними витратами;

в) частота спостережень забезпечує реєстрацію найвищого рівня за період повені (паводка). Тривалість періоду спостережень вважається достатньою, якщо він репрезентативний (представницький), а відносна середня квадратична похибка розрахункової величини не перевищує 10%. В тому випадку, коли ряд спостережень достатньо тривалий, розрахунки максимального стоку виконуються з використанням кривих забезпеченості.

Для згладжування і екстраполяції емпіричних кривих забезпеченості застосовується, як правило, трипараметричний гаммарозподіл та біноміальна крива розподілу.

Розрахунки максимальних витрат води за відсутності матеріалів спостережень проводяться за СНиП 2.01.14-83, але в зв'язку із значною генералізацією параметрів нормативної формули, результати розрахунків необхідно співставляти з розрахунками за регіональними методами і приймати значення, які більші за величиною.

Регіональна формула максимальних миттєвих витрат води, Q_p , м³/с від талих вод в умовах Карпат, яку запропонував В.І.Мокляк, має вигляд:

$$Q_p = 0,28 a_m \cdot \varphi \cdot F \cdot r \cdot \lambda_{p\%}, \quad (B.1)$$

де 0,28 - коефіцієнт розмірності;

a_m - максимальна інтенсивність водовіддачі 1% забезпеченості, мм/год;

φ - коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати;

F - площа водозбору, км²;

r - коефіцієнт врахування впливу одамбування русел та каналізованості водозборів на передгірських ділянках річок, $r = 1,15$ при $P \leq 10\%$;

$\lambda_{p\%}$ - перехідний коефіцієнт від максимальних витрат 1% забезпеченості до інших імовірностей.

Вплив залісеності та неоднозначності віддачі стоку враховується величиною параметра a_m .

Величини параметра a_m приймаються за таблицею В.1.

Таблиця В.1 - Максимальна інтенсивність водовіддачі 1% імовірності перевищення

№ п/п	Басейн річки	Райони (в межах басейнів річок)	a_m , мм/ год
1	2	3	4
1	Тиса	1. Басейни річок Чорної та Білої Тиси, Шопурки, Косівської, Апшиці.	19
		2. Басейни Тересви, Терєблі, Ріки, Боржави, Латориці, Ужа.	25
		3. Річки Закарпатської низовини (Ромен, Чорна вода, Коропець, Стара, Дрик, Цигани та ін.)	10
2	Сірет	Басейни річок Сірет, Малий Сірет, Михідра	6
3	Прут	1. Верхів'я Прута та його притоки до м. Чернівці:	
		а) гірська частина;	15
		б) передгір'я	9
4	Верхів'я Дністра і його правобережні притоки	1. Верхів'я Дністра (до впадіння р. Стрий) та його притоки - Стрв'яж, Березниця, Луква:	
		а) гірська частина;	11
		б) передгір'я.	7
		2. Басейни річок Стрий, Опір, Свіча, Лімниця, Бистриця Надвірнянська та Бистриця Солотвинська:	
		а) гірська частина;	20
		б) передгір'я	15

Коефіцієнт редукції модуля максимального стоку φ визначається в такій послідовності :

а) обчислюється швидкість добігання хвилі повені V , км/добу за формулою:

$$V = \Delta H \cdot m, \quad (B.2)$$

де ΔH - падіння річки, м/км;

m - параметр, що характеризує форму перерізу та шорсткість русла і заплави:

для гірських та передгірських ділянок річок $m = 0,45$; для рівнинних річок

з нерозвинутою заплавою $m = 0,35$; для рівнинних річок з широкою

заболоченою заплавою $m = 0,25$;

б) за величиною швидкості добігання обчислюється тривалість добігання τ , діб:

$$\tau = L/V, \quad (B.3)$$

де L - довжина річки (водотоку) від витoku чи вододілу до розрахункового

створу, км;

в) за відомою тривалістю добігання за таблицею В.2 визначається коефіцієнт редуції φ .

Таблиця В.2 - Залежність коефіцієнта редуції φ від тривалості добігання τ

τ , діб	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
0,0	1,0 ^{x)}	0,646	0,449	0,343	0,283
1,0	0,257	0,240	0,230	0,223	0,219
2,0	0,215	0,211	0,206	0,202	0,198
3,0	0,195	0,192	0,189	0,186	0,183
4,0	0,180	0,178	0,175	0,173	0,170
5,0	0,167	0,164	0,162	0,159	0,157

^{x)} при $\tau \leq 1$ год, $\varphi = 1,0$.

Проміжні величини φ визначаються прямолінійною інтерполяцією.

Перехідні коефіцієнти $\lambda_{p\%}$ від максимальних витрат 1% забезпеченості до витрат інших імовірностей перевищення приймаються в залежності від району розташування розрахункового створу та басейну річки за таблицею В.3.

Таблиця В.3 - Перехідні коефіцієнти λ_p від максимальних витрат води 1% забезпеченості до інших імовірностей перевищення

Басейн річки	Забезпеченість, %					
	0,1	0,5	1	5	10	25
Тиса (Закарпаття)	1,42	1,13	1,0	0,71	0,57	0,39
Сірет	1,31	1,10	1,0	0,76	0,64	0,47
Прут та його притоки (до м. Чернівці)	1,47	1,15	1,0	0,67	0,53	0,34
Верхів`я Дністра, правобережні притоки і лівобережний приток Стрв`яз	1,50	1,16	1,0	0,66	0,52	0,32

Розрахунки максимальних витрат дощових паводків Q_p , $м^3/с$ обчислюють за регіональною генетичною формулою «Львівдипроводгоспу», яку запропонував В.В. Вакалюк у вигляді:

$$Q_p = \left[\frac{0,28 \cdot Y_m \cdot \varphi \cdot K_F \cdot K_r \cdot F}{t_p} \right] \delta_1 \delta_2 \cdot \lambda \cdot K_n, \quad (B.4)$$

де Y_m - максимальний шар схилового притоку $P_{\%}$ -ної забезпеченості, мм;

φ - коефіцієнт діючого шару стоку;

K_F - коефіцієнт редукції шару опадів по площі;

K_r - гідрографічний коефіцієнт;

t_p - час руслового добігання, год;

δ_1 - коефіцієнт, який враховує вплив лісистості водозбору;

δ_2 - коефіцієнт, який враховує вплив зарегульованості стоку ставками та водосховищами;

λ - коефіцієнт імовірності перевищення зливових максимумів;

K_n - перехідний коефіцієнт від максимальних миттєвих максимумів до середньодобових витрат.

Формула прийнятна для визначення зливових витрат води водотоків з площею водозбору від найменших ділянок до 2000 км^2 .

Вихідні дані:

1. Площа водозбору F , км^2 .
2. Довжина водозбору L , км.
3. Середньозважений похил водотоку I , ‰.
4. Лісистість водозбору в частках від загальної площі водозбору.
5. Регульовальні об'єми ставків та водосховищ, м^3 .

Визначення параметрів формули В.4.

1. Максимальний шар схилового припливу Y_m , мм 1% імовірності перевищення слід визначати за картою (рисунок В.1) для центру тяжіння розрахункового басейну.

2. Коефіцієнт діючого шару стоку φ показує, яка частина притоку при заданому часі добігання бере участь у формуванні максимальної витрати води і визначається за емпіричними формулами:

а) для водотоків Закарпаття:

$$\varphi = 2,70 \frac{t_p}{T_o} \left[1 - \frac{\left(\frac{t_p}{T_o} \right)^{0,60}}{1,6} \right], \quad (\text{B.5})$$

б) для Прикарпаття:

$$\varphi = 2,20 \frac{t_p}{T_o} \left[1 - \frac{\left(\frac{t_p}{T_o} \right)^{0,86}}{1,86} \right], \quad (\text{B.6})$$

де T_o - тривалість схилового притоку, яка прийнята рівною 60 годинам.

Значення φ , обчислені за формулами В.5 і В.6, приведені в таблицях В.4 і В.5.

3. Коефіцієнт редукції шару опадів по площі визначається за формулою:

$$K_F = \frac{I}{(1 + 0,00257 \cdot F)^{0,68}}. \quad (\text{B.7})$$

Таблиця В.4 - Значення коефіцієнта діючого шару стоку φ для Закарпаття

I_p/T_o	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00	0.023	0.046	0.069	0.093	0.115	0.138	0.161	0.184	0.207
0.1	0.23	0.250	0.269	0.289	0.308	0.328	0.347	0.367	0.386	0.406
0.2	0.425	0.439	0.454	0.468	0.483	0.497	0.511	0.526	0.540	0.555
0.3	0.570	0.580	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66
0.4	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.75
0.5	0.76	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.79	0.80	0.81	0.81
0.6	0.82	0.83	0.83	0.84	0.85	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87
0.7	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93
0.8	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
0.9	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	1.00

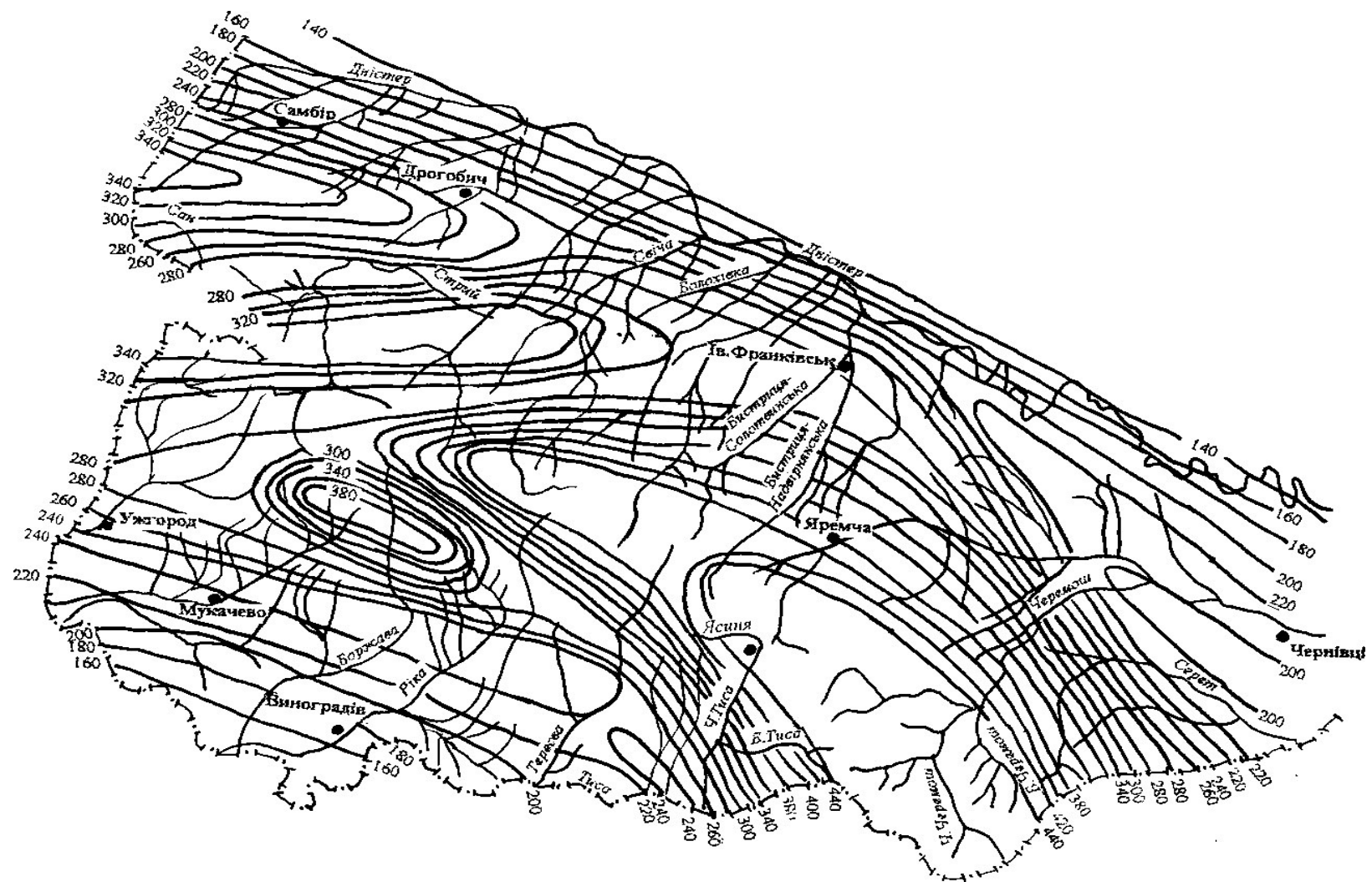


Рисунок В.1 – Максимальний шар схилового притоку 1%-ої імовірності перевищення (мм)

Таблиця В.5-Значення коефіцієнта діючого шару стоку φ для Прикарпаття

I_p/T_o	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
0.1	0.20	0.22	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.34	0.36
0.2	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52
0.3	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66
0.4	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76
0.5	0.77	0.78	0.78	0.70	0.80	0.81	0.81	0.82	0.83	0.83
0.6	0.84	0.84	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.88	0.88	0.88
0.7	0.98	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.94
0.8	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97
0.9	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00
1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Гідрографічний коефіцієнт K_z приймається рівним 1.0.

5. Час руслового добігання t_p , год визначається співвідношенням:

$$t_p = L/V, \quad (\text{В.8})$$

де V - швидкість руслового добігання повені, км/год.

$$V = b \cdot F^{0,32} \cdot I_{ср.зб}^{0,20}, \quad (\text{В.9})$$

де b - параметр, числові значення якого наведені в таблиці В.6.

Таблиця В.6 - Величини параметра b

$F, \text{км}^2$	0-5	5	10	20	30	40	50	100
b		3,40	3,30	3,10	2,90	2,70	2,50	2,30
$F, \text{км}^2$	200	300	400	600	800	1000	1500	>1500
b	2,00	1,60	1,20	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30

6. Коефіцієнт врахування залісеності δ_l визначається за таблицею В.7 або формулою:

$$\delta_l = 1 - 0,25f_l, \quad (\text{В.10})$$

де f_l - питома лісистість водозбору

Таблиця В.7 - Значення коефіцієнта δ_l

f_l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
δ_l	1,0	0,98	0,95	0,92	0,90	0,88	0,85	0,82	0,80	0,78	0,75

7. Коефіцієнт штучної зарегульованості δ_2 обчислюється за відомими формулами Г.А. Алексєєва та В.І. Мокляка або приймається рівним 1.0, якщо на водозборі немає крупних водоймищ.

8. Коефіцієнт переходу від максимальних миттєвих максимумів K_n до середньодобових витрат приймається за таблицею В.8.

Таблиця В.8 - Величини коефіцієнтів K_n

$F, \text{км}^2$	1	3	10	50	100	200
K_n	0.07	0.10	0.17	0.38	0.48	0.56
$F, \text{км}^2$	300	500	700	1000	1500	2000
K_n	0,60	0,66	0,70	0,75	0,80	0,83

9. Значення перехідних коефіцієнтів λ приймаються за таблицею В.9.

Таблиця В.9 - Перехідні коефіцієнти λ

$P\%$	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	25	50
λ	3,10	2,30	1,30	1,0	0,8	0,64	0,52	0,37	0,20	0,11

Оцінка точності формули

Формула В.4 була перевірена за фактичними витратами води різної імовірності перевищення 176 створів річок Карпат. Середнє відхилення складає $\pm 12\%$, максимальна похибка дорівнює $\pm 47\%$.

Розподіл і забезпеченість похибок приведені у таблиці В.10.

Таблиця В.10 - Інтервали похибок та їх забезпеченість

Інтервали похибок, %	Кількість похибок	% від загальної кількості	Забезпеченість похибок
0-10	93	53	53
11-25	55	31	84
26-50	28	16	100

Розрахунок максимальних витрат води
змішаного походження в умовах Закарпаття.

Методику розрахунку запропонував Я.О.Фоменко. Формула має наступний вигляд:

$$q_{1\%} = 0,3 H^{0,4} \cdot I^{0,4} \cdot F^{-0,10} \cdot \lambda_p \quad (\text{В.11})$$

де $q_{1\%}$ - модуль максимального стоку, м³/с км² ;

H - середня висота водозбору, км;

I - середній похил схилів водозбору, м/км;

λ_p - перехідний коефіцієнт від максимальних витрат 1% забезпеченості до витрат інших імовірностей перевищення.

Параметри H та I визначаються за крупномасштабними картами. Параметр λ_p приймається за таблицею В.3.

Оцінка і розрахунок стоку наносів річок Українських Карпат

Стан динамічної рівноваги гідродинамічної системи «потік-русло» (ГДС п-р) якісно розділяє загальний хід руслових переформувань на оборотні і необоротні руслові деформації. Інтегральною характеристикою ГДС п-р є розрахункова питома руслоформуюча ємність $W_{p,\phi}$ ($W_{p,\phi} = Q_{p,\phi}/V_{d,p}$), де $V_{d,p}$ - середня швидкість потоку при динамічній рівновазі ГДС п-р).

Транспортуюча здатність потоку при динамічній рівновазі системи відповідає мінімуму дисипації енергії (мінімуму значення коефіцієнта гідравлічного опору λ або коефіцієнта Шезі-Маннінга C) і може бути визначена за допомогою рівняння:

$$\frac{(\rho_n - \rho)G_n \varpi}{\rho_n} = \frac{\xi \rho V^4 B \left[1 - \left(\frac{V_0}{V} \right)^{2+2\alpha} \right]}{C^2}, \quad (Г.1)$$

де ρ_n і ρ - відповідно питома щільність часток наносів і питома густина води;

G - транспорт наносів за масою (донних рухомих і завислих разом), т/с;

$\xi = 0,057$ - коефіцієнт, який визначає частку витрати енергії потоку на транспорт наносів ($\xi \approx 6\%$); при цьому частина енергії витрачається на підтримання відповідного рівня турбулентності потоку і його вихорових структур;

V - середня швидкість потоку, при якій ведеться оцінка витрат наносів (при руслоформуючих витратах - це швидкість потоку при динамічній рівновазі системи «потік-русло»), м/с;

V_0 - середня зриваюча швидкість потоку для ґрунтів дна русла (шару самовимощення) при середній глибині потоку в руслі h для конкретного створу (при проходженні руслоформуючого паводка приймаємо $h_{p,\phi}$), м/с;

B - ширина руслового потоку по його поверхні, при якій ведеться оцінка витрат наносів (при проходженні руслоформуючого паводка приймаємо $B_{p,\phi}$), м.

α - коефіцієнт режиму транспорту наносів, який дорівнює 0,5 при квадратичній області гідравлічного опору (обтікання часток наносів);

C - коефіцієнт Шезі-Маннінга, який для передгірських ділянок річок може бути визначений за формулою $C = 23(h/D_{cp,36})^{1/6}$;

ϖ - середнє значення гідравлічної крупності наносів $\varpi \approx (2gd_{cp.36})^{0,5}$, м/с.

Розрахунок стоку наносів за формулою Г.1 виконується на основі даних конкретного паводка для відповідного створу (ділянки) в залежності від змін основних гідравлічних і руслових характеристик (V , V_0 , H , B , C , ϖ) з використанням основних графіків зв'язку $Q=f(H)$, $Q=f(V)$.

Враховуючи випадковий характер відривання часток наносів від ложа русла, в оцінці твердого стоку рекомендується використовувати залежність виду:

$$\frac{q_s}{Vh} = 1,5 \cdot 10^3 \lambda^3 \operatorname{erf} \left(\frac{\bar{U}_\kappa}{\varpi} - 1 \right)^2, \quad (\Gamma.2)$$

де q_s - питома витрата наносів, м²/с;

V - середня швидкість потоку, при якій ведеться оцінка стоку наносів, м/с;

h - середня глибина потоку, м;

λ - сумарний коефіцієнт гідравлічного опору русла (зернистої шорсткості русла, руслових форм, конфігурації русла);

\bar{U}_κ - критична швидкість потоку ($\bar{U}_\kappa = 6,75 U_*$) стосовно зриву (зваження часток наносів), де $U_* = (gh)^{0,5}$ - динамічна швидкість потоку, м/с;

ϖ - середня гідравлічна крупність часток наносів, м/с;

$\operatorname{erf}(x)$ - інтеграл імовірності стану руслового процесу (відриву часток наносів від ложа русла), який визначається за формулою:

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-n^2} dn, \quad (\Gamma.3)$$

де x - аргумент функції - $\left(\frac{\bar{U}_\kappa}{\varpi} - 1 \right)^2$;

n - змінна інтегрування - \bar{U}_κ .

Аналогічні розрахунки стоку донних рухомих наносів q_s , кг/м³ можуть бути виконані шляхом використання формули Мейер-Петера-Мюлера в модифікації Н.Чена:

$$q_s = \rho_n \sqrt{\left(\frac{\rho_n - \rho}{\rho} \right) g d^3} \cdot \left(\frac{4}{\psi} - 0,188 \right)^{3/2}, \quad (\Gamma.4)$$

де $\psi = 28(U_0/U_*)^2$;

$U_* = \sqrt{gh_{cp} I}$ - динамічна швидкість потоку, м/с;

$$U_0 = 0,189 \sqrt{\left(\frac{\rho_0 - \rho}{\rho}\right)gd} - \text{динамічна швидкість потоку, яка відповідає}$$

початку інтенсивного зриву часток наносів, м/с.

При значній неоднорідності руслових відкладів і значному діапазоні зміни водності потоку розрахунок стоку наносів q_s , кг/м^3 рекомендуємо виконувати для передгірських ділянок за формулою:

$$q_s = 0,023 \rho_n \sqrt{\left(\frac{\rho_n - \rho}{\rho}\right)gd^3} \cdot \frac{P}{(1-P)}, \quad (\text{Г.5})$$

де P - імовірність зриву часток наносів, яка залежить від параметра

$$T = 2 \left(U_0 / U_* \right)^2.$$

Витрати донних рухомих часток наносів G_n по фронту руху мезоформи (боковика або осередка) шириною b_m рекомендується визначати за формулою:

$$G_n = 0,011 h_2 F_r^3 b_m V, \quad (\text{Г.6})$$

де h_2 - висота мікроформ, які рухаються по поверхні мезоформи. При глибині потоку понад 1 м визначається за формулою $h_2 = 0,2 + 0,1h$;

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} - \text{число Фруда};$$

V - середня швидкість потоку над мезоформою, м/с.

Розрахунок стоку наносів для стрижня потоку, де рух наносів відбувається в безструктурній формі, а також для гірських ділянок річок при $h/d < 15$ і похилі ложа русла $I < 0,01$ пропонується виконувати за формулою:

$$q_6 = K \frac{\rho_n V}{\sqrt{g}} \sqrt{d_{cp.36}} \left(\frac{V}{0,7 V_{н.н}} \right)^3 \left(1 - 0,7 V_{н.н} \left(\frac{d_{cp.36}}{h} \right)^{1/m} \right), \quad (\text{Г.7})$$

де q_6 - питома вагова витрата донних рухомих наносів;

K - коефіцієнт, який враховує форму часток, і для добре обкатаних наносів сферичної форми $K=0,0018$, пластинкових - $K=0,0012$;

$V_{н.н}$ - середня незриваюча швидкість потоку для неоднорідних незв'язних наносів;

$$m = 1,5 + 3,3 \left(h/d_{cp.36} \right)^{1/6}.$$

При похилах ложа русла гірських річок $I > 0,01$ і витратах води менше 10% забезпеченості сумарні витрати наносів G_n , кг/с для орієнтовних розрахунків пропонується визначати за формулою:

$$G_n = 7000Q \left(\frac{h}{d_{c.p.36}} \right)^{0,7} I^{0,2}. \quad (Г.8)$$

Витрати донних рухомих наносів для русел гірських річок, складених із часток крупністю 2...200 мм, пропонується розраховувати за формулою:

$$G_n = 0,01 B d_p \gamma_n \alpha \left(V - V_{n.в.н} \sqrt{\frac{f}{f_0}} \right) \left(\frac{V}{V_{n.в.н}} \cdot \frac{U_{в.мах}}{\varpi} \right), \quad (Г.9)$$

де B - ширина водотоку, м;

d_p - розрахунковий діаметр донних рухомих наносів, м;

γ_n - питома вага суміші наносів в природному заляганні, кг/м³;

α - перехідний коефіцієнт від середньої швидкості потоку до донної на висоті виступів шорсткості ложа русла;

V - середня швидкість потоку, для якої виконуються розрахунки стоку наносів, м/с;

$V_{n.в.н}$ - середня початкова швидкість зриву часток неоднорідних наносів з урахуванням впливу явища самовимощення ложа русла, м/с;

f - коефіцієнт динамічного тертя часток наносів по підстилаючій поверхні ложа русла;

f_0 - безрозмірний коефіцієнт;

$U_{в.мах}$ - максимальна вертикальна пульсаційна складова швидкості потоку, м³/с;

ϖ - гідравлічна крупність часток рухомих наносів, м/с.

Розрахунок за формулою Г.9 починають з попереднього визначення граничних розмірів часток наносів $d_{з.в}$ і $d_{з.н}$, які рухаються по поверхні ложа водотоку, при заданій середній швидкості потоку:

$$d_{з.в} = \frac{m_l \cdot V^2}{1,65 \cdot g(2,4 \cdot \theta - 0,7)^2}, \quad (Г.10)$$

$$d_{з.н} = \frac{V^2}{1,65 \cdot N(2,4 \cdot \theta - 0,7)^2}, \quad (Г.11)$$

де m_l - безрозмірний параметр, який залежить від форми часток наносів, рівний:

$$m_1 = \frac{\alpha^2 N - j f_0}{y f_0 N}, \quad (\text{Г.12})$$

N - безрозмірне характеристичне число, яке визначається за формулою:

$$N = 0,7 C^2 + 6 C \rceil g, \quad (\text{Г.13})$$

θ - коефіцієнт форми часток донних рухомих наносів, рівний

$$\theta = d_{cp}^2 / b \cdot c, \quad (\text{Г.14})$$

де b, c - відповідно ширина і товщина еліпсоїдних часток наносів.

Значення безрозмірних коефіцієнтів f_0, j визначаються за даними таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 - Значення коефіцієнтів f_0, j

θ	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,0
j	16,0	5,24	2,04	1,58	1,39	1,22	1,40
f_0	1,64	1,52	1,32	1,23	1,14	0,90	0,60

Значення коефіцієнта α визначається за графіком (рисунок Г.1,а) в залежності від значення коефіцієнтів Шезі C і відносної глибини потоку \tilde{y} :

$$\tilde{y} = 0,7 h - d \rceil 2h. \quad (\text{Г.15})$$

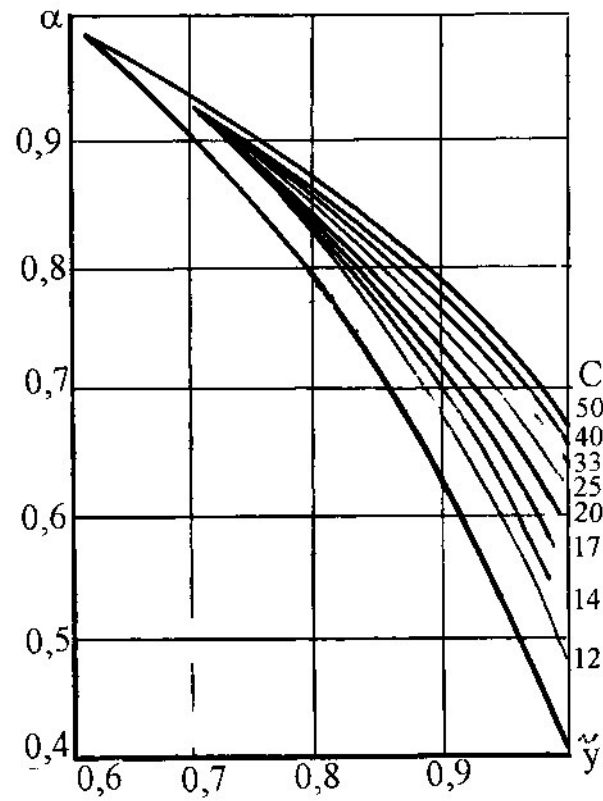
За значеннями $d_{г.н}$ і $d_{г.в}$ зі складу руслових відкладів виключаються крупні частки наносів, які не рухаються, та дрібні частки фракції наносів, які зависають в потоці. На основі цих операцій виконується перерахунок гранулометричного складу руслових відкладів, при цьому сума залишених фракцій наносів приймається за 100%. За цими даними визначається середньозважений діаметр фракцій донних рухомих наносів, який і приймається як розрахунковий діаметр d_p .

Значення коефіцієнта динамічного тертя f донних рухомих наносів по поверхні ложа русла залежить від форми часток наносів θ та відношення швидкостей $V/V_{п.в.н}$ і визначається за графіком (рисунок Г.1, б).

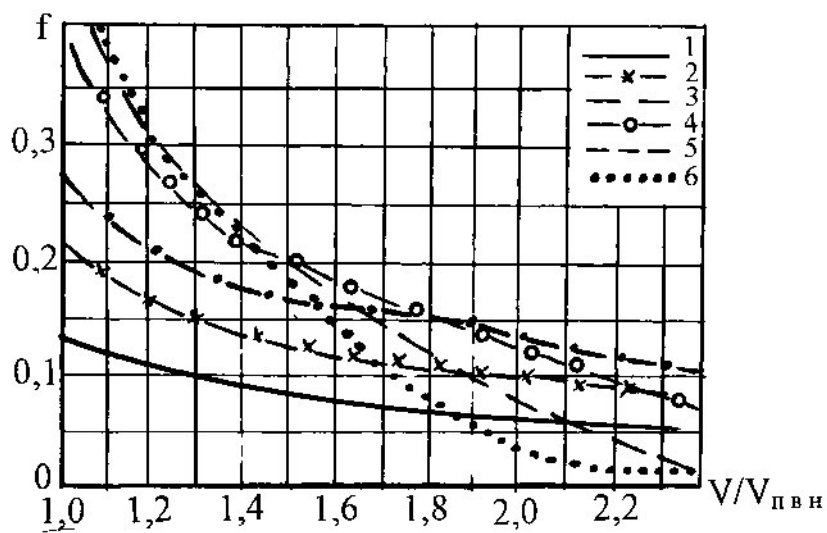
Значення максимальної вертикальної пульсаційної складової швидкості $U_{в.мах.}$, м³/с визначається за формулою:

$$U_{в.мах.} = 3V / \sqrt{N}. \quad (\text{Г.16})$$

Об'ємна щільність суміші наносів γ_n визначається в залежності від гранулометричного складу і рівна: для піску з гравієм - 1,7-1,9 т/м³; гравію - 1,9-2,1 т/м³ і гальки з гравієм - 2,0-2,2 т/м³.



а



б

а - $\alpha = f(y, c)$; б - $f = f(V/V_{\text{пвн}}, \theta)$;

1 - $\theta = 1,0$; 2 - $\theta = 0,9$; 3 - $\theta = 0,8$; 4 - $\theta = 0,7$; 5 - $\theta = 0,6$; 6 - $\theta = 0,55$.

Рисунок Г.1 - Графіки залежностей між коефіцієнтами α і f

За наявності даних про розподіл місцевих швидкостей по глибині і ширині потоку, середніх глибин потоку і гранулометричного складу руслових відкладів в поперечному перерізі водотоку, розрахунок витрат донних рухомих наносів необхідно виконувати для окремих ділянок (фрагментів) руслових форм і окремо для розрахункових фракцій. Тоді загальна витрата рухомих донних наносів отримується шляхом підсумовування часткових витрат на кожній розрахунковій ділянці русла.

За наявності в руслі чітко виражених мезоформ розрахунок витрат донних рухомих наносів над ними можна виконати на основі даних про їх динаміку.

Мезоформи річкових русел являють собою крупні алювіальні скупчення наносів у вигляді руслових форм - боковиків (перекошених крупних гряд), осередків, співрозмірних з шириною водотоку. Мезоформи взаємодіють з усіма річковими гідротехнічними спорудами, водозаборами, опорами переходів магістральних трубопроводів, ЛЕП, захисно-регулювальними спорудами та ін.

Швидкість переміщення питомого фрагменту мезоформ C_{Δ} , м/добу на одиницю фронту руху (в загальному випадку при розрахунку можуть бути взяті декілька розрахункових вертикалей і відповідно отримані зміщення мезоформи по фронту руху), що затоплюється в паводок, визначається за формулою:

$$C_{\Delta} = 950 \frac{h_z}{\Delta} V_z^4 / (gh)^{3/2}, \quad (\text{Г.17})$$

де Δ - висота мезоформи, м;

V_z - середня швидкість потоку над грядою (над гребенем мезоформи), м/с;

h_z - висота гряди на поверхні мезоформи, яка визначається за матеріалами пошуків як різниця між відмітками гребеня і підшви мезоформи, м.

Об'ємні витрати донних рухомих наносів G_n , м³/с, які транспортуються по фронту руху мезоформи, визначаються за формулою:

$$G_n = 0,011 h_z B_{\Delta} V_{\Delta}^4 / (gh)^{3/2}, \quad (\text{Г.18})$$

де B_{Δ} - середня ширина мезоформи по підшві, м;

V_{Δ} - середня швидкість потоку над мезоформою, м/с.

Розрахунок стоку завислих наносів для відповідного гідрологічного водомірного пункту (ділянки русла) на річці пропонується виконувати на основі функціонального зв'язку $R=f(Q)$, (R - середньодобова витрата завислих наносів, Q - середньодобова витрата води), який будується за даними спостережень.

У разі відсутності даних спостережень за стоком каламутності потоку, розрахунок стоку завислих наносів рекомендується виконувати за формулами:

- для річок Північно-Східного схилу Карпат

$$\mu_{Q_3} = -4,74\mu_Q + 154, \quad (\text{Г.19})$$

- для річок Південно-Західного схилу

$$\mu_{Q_3} = 7,17\mu_Q + 5,2I - 2,33\lambda_n - 0,44H + 181,3, \quad (\text{Г.20})$$

де μ_Q - модуль стоку води, л/с з км²;

I - середньозважений похил річки в ‰ ;

λ_n - коефіцієнт лісистості басейну, %;

H - висота пункту спостереження, м.

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ТВЕРДОГО СТОКУ

Вихідні дані: Ділянка русла р. Бистриця біля с.Ямниці Івано-Франківської області.

Паводок 22-28 липня 1980 року. Витрата води при заповненні русла в бровках за даними гідрологічного поста дорівнює $Q=800 \text{ м}^3/\text{с}$ (водпост розміщений на відстані 900 м вниз за течією). Ця витрата відповідає руслоформуючій для цієї ділянки річки. Ділянка характеризується наступними значеннями основних руслових і гідравлічних параметрів: $I_{cp}=0,002$; $d_{cp.36}=50 \text{ мм}$; $D_{cp.36}=80 \text{ мм}$; $S_o=0,45$; $h=2,4 \text{ м}$; $V_{0,p}=2,84 \text{ м/с}$ і $Q_{p,\phi}\approx 800 \text{ м}^3/\text{с}$. Руслові деформації на ділянці русла характеризуються переміщенням боковика-мезоформи $B_{\Delta}=130 \text{ м}$ (по підшві) при ширині русла в межах від 180 до 150 м. Шляхом порівняння розрахункової середньої швидкості потоку $V_{0,p}=2,84 \text{ м/с}$ з натурними даними спостереження встановлено, що при проходженні руслоформуючої витрати середня швидкість не перевищувала значення $V_{\Delta}=2,3-2,5 \text{ м/с}$, що було підтверджено графіками зв'язків $Q=f(V)$, $Q=f(H)$, $Q=f(h_{cp})$ (рисунок Г.2).

Шляхом суміщення інструментальних зйомок ділянки річки до і після цього паводка (рисунок Г.3) було зафіксовано зміщення боковика на 117 м. Це зміщення відповідає в середньому добовій тривалості проходження паводкових витрат води і узгоджується з гідрографом паводка. Розрахунки показали, що об'єм транспортованих наносів в тілі боковика дорівнює 7,5 тис.м³. При цьому витрата донних рухомих наносів складає $Q_n=0,0867 \text{ м}^3/\text{с}$. Висота мезоформи-боковика $h_{\Delta}=1,5 \text{ м}$. Висота гряд, які рухалися в паводок по поверхні боковика (деякі залишились після проходження

паводка) $h_z=0,38$ м. Середня глибина потоку над поверхнею боковика дорівнює $h_0=1,75$ м.

Хід розрахунку

Приймається значення середньої швидкості потоку при динамічній рівновазі ГДС п-р $V_{0,p}=2,3$ м/с, що відповідає натурним замірам проходження витрати $Q_{p,ф} \approx 800$ м³/с. Для цього значення швидкості вираховується $d_{z,6}$, м і $d_{z,н}$, м, які відповідають транспортуванню наносів на поверхні боковика.

1) За формулою Г.10:

$$d_{z,6} = \frac{mV_{0,p}^2}{1,65g(2,4\theta - 0,7)^2} = \frac{0,18 \cdot 2,3^2}{1,65 \cdot 9,81(2,4 \cdot 0,7 - 0,7)^2} = 0,059;$$

при цьому

$$m_i = \frac{\alpha^2 N + jf_o}{jf_o N} = \frac{0,67^2 \cdot 140 + 2,04 \cdot 1,33}{2,04 \cdot 1,33 \cdot 140} = 0,18$$

(при $\alpha = 0,67$; $\gamma = (2h - d)/2h = (2 \cdot 2,4 - 0,05)/2 \cdot 2,4 = 1$;

$C = 40$; при $\theta = 0,7$ за таблицею Г.1 $j = 2,04$; $f_o = 1,33$);

$$N = (0,7C^2 + 6C)/g = (0,7 \cdot 40^2 + 6 \cdot 40)/9,81 \approx 140;$$

$$\theta = d_{cp,36}^2 / bc = 50 \cdot 1,05 / 1,56 \cdot 50 \cdot 1,06 \cdot 50 \approx 0,7$$

(вираховано у відповідності до результатів кореляційного аналізу розмірів еліпсоподібних часток наносів різних діаметрів зі складу руслових відкладів та поверхні русла);

$$C = 23 \left(\frac{h}{D_{cp,36}} \right)^{1/6} = 23 \left(\frac{2,4}{0,08} \right)^{1/6} = 40.$$

2) За формулою Г.11

$$d_{z,н} = \frac{V_{0,p}}{1,65N(2,4\theta - 0,7)^2} = \frac{2,3^2}{1,65 \cdot 140(2,4 \cdot 0,7 - 0,7)^2} = \frac{5,29}{231} = 0,023;$$

$$d_p = \frac{\sum Pd_{z,6} + \sum Pd_{z,н}}{100} = \frac{35 \cdot 59 + 65 \cdot 23}{100} = 36.$$

3) Для розрахункового значення $d_p=36$ мм визначається початкова швидкість масового зриву наносів по поверхні боковика. При цьому неоднорідність наносів приймається за результатами аналізу загальних проб, тобто складу шару самовимощення ложа боковика і підстиляючої основи - $S_o=0,45$ ($V_{н.в.о}$ - початкова швидкість зриву однорідних наносів).

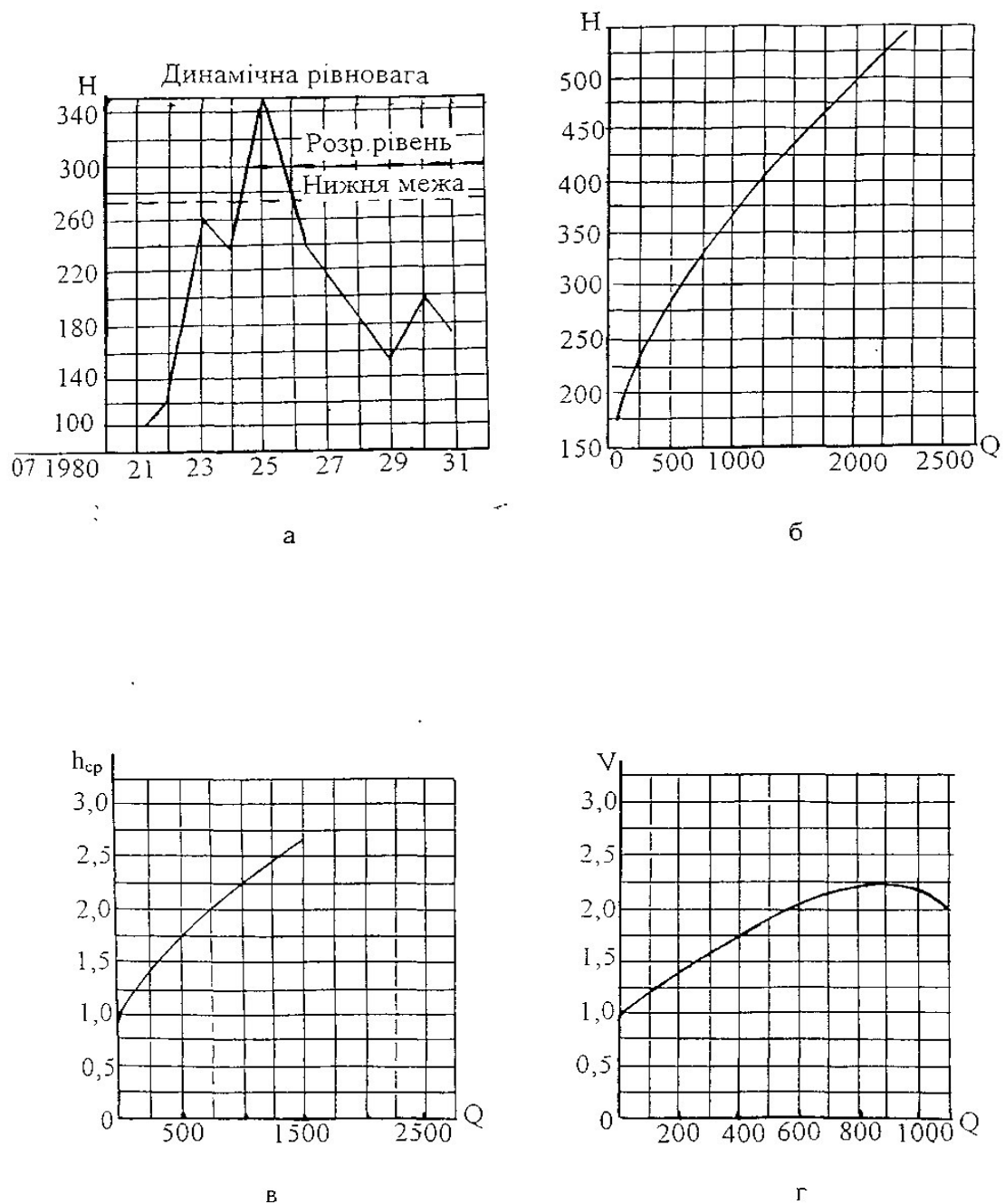
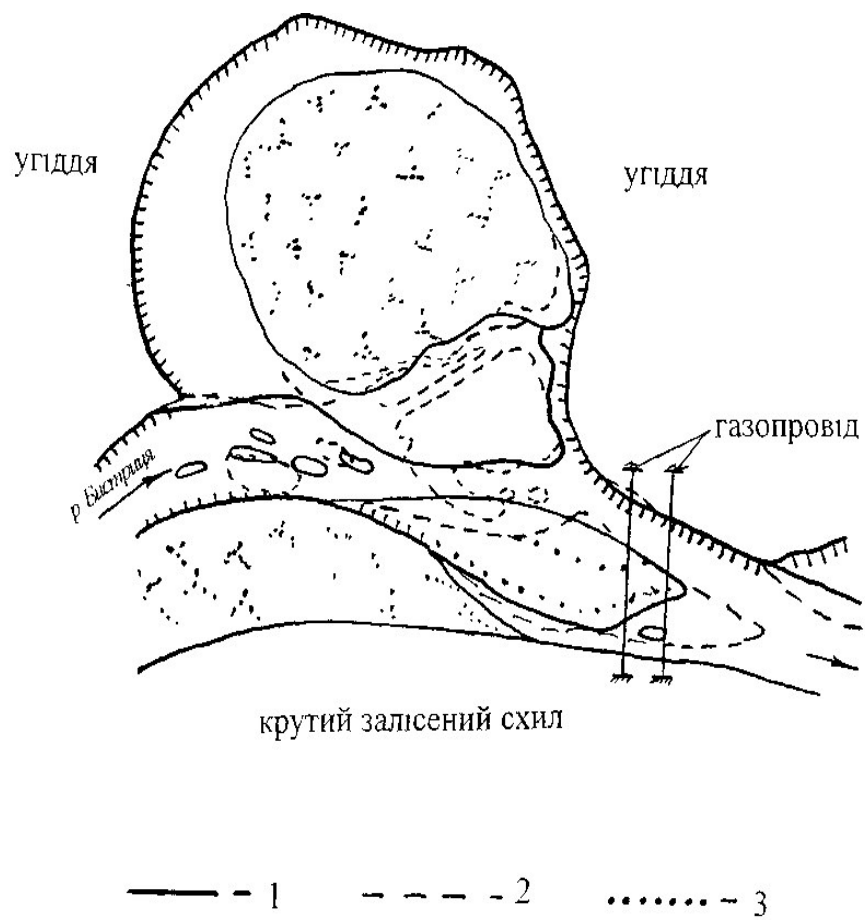


Рисунок Г.2 – Гідрограф паводка на р.Бистриця біля с.Ямниця і графіки залежностей основних гідравлічних характеристик



1 і 2 - відповідно план ділянки до і після проходження паводка;
 3 - межі промоїн

Рисунок Г.3 - Інструментальна зйомка ділянки річки Бистриця- с Ямниця

$$V_{\bullet, \%o, '}=V_{\bullet, \%o, ''}(0,4S_o+0,6)=1,91(0,4\cdot 0,45+0,6)=1,49;$$

$$V_{н.в.о}=2\frac{(m-1,5)}{m+1}\left(\frac{h}{d_p}\right)^{1/m}\sqrt{\frac{(\rho_n-\rho)}{\rho}d_pg}=2\frac{5,3-1,5}{5,3+1}\left(\frac{1,75}{0,036}\right)^{1/5,3}\sqrt{\frac{2,65-1}{1}9,81\cdot 0,036}=1,91;$$

$$m=2,24\lg\frac{h}{d_p}-0,21\left(\lg\frac{h}{d_p}\right)^2+2,1=2,24\lg\frac{1,75}{0,036}-0,21\left(\lg\frac{1,75}{0,036}\right)^2+2,1=5,3$$

При відношенні швидкостей $\frac{V_{д.р}}{V_{н.в.н}}=\frac{2,3}{1,49}=1,54$ і $\theta=0,7$ за графіком

(рисунок Г.1) визначається коефіцієнт f ($f=0,18$).

4) Значення максимальної вертикальної пульсаційної складової швидкості потоку $U_{в.мах}$, м/с дорівнює:

$$U_{в.мах}=3V_{д.р}/\sqrt{N}=3\cdot 2,3/\sqrt{140}=0,6.$$

5) Значення гідравлічної крупності (швидкості падіння часток наносів в водному потоці) ϖ , м/с дорівнює:

$$\varpi=(2,4\theta-0,7)\sqrt{\frac{\rho_n-\rho}{\rho}gd_p}=(2,4\cdot 0,7-0,7)\sqrt{\frac{2,65-1}{1}9,81\cdot 0,036}=0,75.$$

6) Витрата донних рухомих наносів Q_n , м³/с дорівнює:

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,01B_{\Delta}d_p\gamma_c\alpha\left(V_{д.р}-V_{н.в.н}\sqrt{\frac{f}{f_o}}\right)\left(\frac{V_{д.р}}{V_{н.в.н}}\cdot\frac{U_{в.мах}}{\varpi}\right)= \\ &= 0,01\cdot 170\cdot 0,036\cdot 2\cdot 0,67\left(2,3-1,9\sqrt{\frac{0,18}{1,33}}\right)\left(1,54\frac{0,6}{0,75}\right)=0,162 \end{aligned}$$

або 0,081 м³/с.

Одержане значення Q_n наближене до даних натурних спостережень витрати донних рухомих наносів в тілі мезоформи, яка дорівнює $Q=0,0867$ м³/с.

7) Швидкість зміщення мезоформи C_{Δ} , м/добу дорівнює:

$$C_{\Delta}=950\frac{h_{з.р}}{\Delta}V_{д.р}^4(gh)^{3/2}=950\frac{0,38}{1,5}2,4^4(9,81\cdot 1,75)^{3/2}=112,5$$

Розходження розрахункового значення C_{Δ} з натурними замірами складає
 $(C_{\Delta}'' = 117 \text{ м/добу}) \approx 4\%$.

Транспорт наносів G_n , м/с за формулою Г.1, як такою, що є більш простою в використанні, в порівнянні з формулами Г.2 -Г.4, складає:

$$G_n = \frac{\rho_n \xi \rho V_{o,p}^4 B \left[1 - \left(V_o / V_{o,p} \right)^4 \right]}{(\rho_n - \rho) \pi C^2} = \frac{2,65 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot 2,3^4 \cdot 170 \left[1 - \left(0,8 / 2,3 \right)^4 \right]}{(2,65 - 1) 0,75 \cdot 40^2} = \frac{375}{1984} \approx 0,19$$

$$(V_o = V_{o,p} / 1,3 = 2,3 / 1,3 = 1,8).$$

Вирахуване значення $G_n = 0,19 \text{ м/с}$ містить в собі витрату завислих наносів, тому розходження з $Q_n = 0,162 \text{ м/с}$ цілком логічне.

Пропозиції щодо застосування основних захисно-регулювальних споруд

Типи руслового процесу	Захисно-регулювальні заходи і споруди	Примітка
1	2	3
Нерозми- ваючі русла	Споруди і пристрої, що стабілізують ложе річки та еродовані схили і нагромадження наносів; лісонасадження; поздовжнє берегове кріплення (огороджувальні дамби, підпірні стінки); руслові водоймища та ін.	На південно-західному схилі регіону особливої уваги надається виконанню протиерозійних заходів на схилах річки (біологічне кріплення) та влаштуванню ніш для складування твердого стоку (огороджувальні дамби, руслові водоймища тощо).
Стиснені русла	Берегозахисні споруди (підпірні стінки, поздовжні дамби, напівзагати); споруди і пристрої для стабілізації ложа річки і еродованих схилів, регулювання селевих та зсувних виносів; селезахисні та протизсувні споруди; біологічні кріплення.	На північно-східному схилі регіону, на відміну від південно-західного, необхідно використовувати заходи, які б сприяли рухові наносів вздовж основного русла річки до передгірської її частини.
Русла обме- женого меандру- вання	Берегозахисні споруди (поздовжні дамби, підпірні стінки, напівзагати); протиселеві та протизсувні споруди; пристрої для стабілізації русла при планових і вертикальних деформаціях; біологічне кріплення на еродованих схилах та ін.	Використання поперечних споруд (загат, напівзагат та ін.) в комплексі з іншими берегозахисними і регулювальними заходами можливе лише на ділянках, де вплив на пропускну спроможність русла при паводкових рівнях води не буде відчутним.

1	2	3
Осередкові русла	Огороджувальні дамби у комплексі з гнучкими берегозахисними кріпленнями їх укосів, а також нарощення відміток дамб (видовжені габіони, килимове покриття з бетонних та залізобетонних блоків, струмененаправляючі напівзагати, біологічні кріплення)	Профілактичні роботи з дотримання необхідної пропускної спроможності одамбованих осередкових русел шляхом влаштування русловиправної траси.
Каналізовані русла	Біологічне кріплення берегів і схилів долин річок. Захисні споруди - огорожувальні дамби, перепади, пороги на бічних витоках - протиселеві та протизсувні заходи.	
Русла незавершеного та вільного меандрування	Огороджувальні дамби в поєднанні з гнучкими береговими кріпленнями, згаданими вище в «осередкових руслах»; струмененаправляючі напівзагати; штучні регулювальні пристрої (щити); біологічне кріплення.	Підхід до виконання берегозахисних і регулювальних заходів на руслах незавершеного та вільного меандрування здійснюється в залежності від стадії розвитку самої меандри.

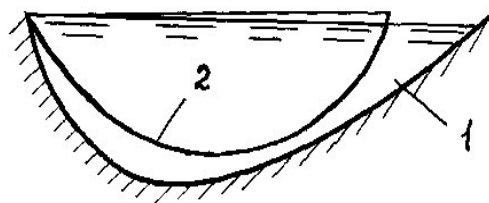
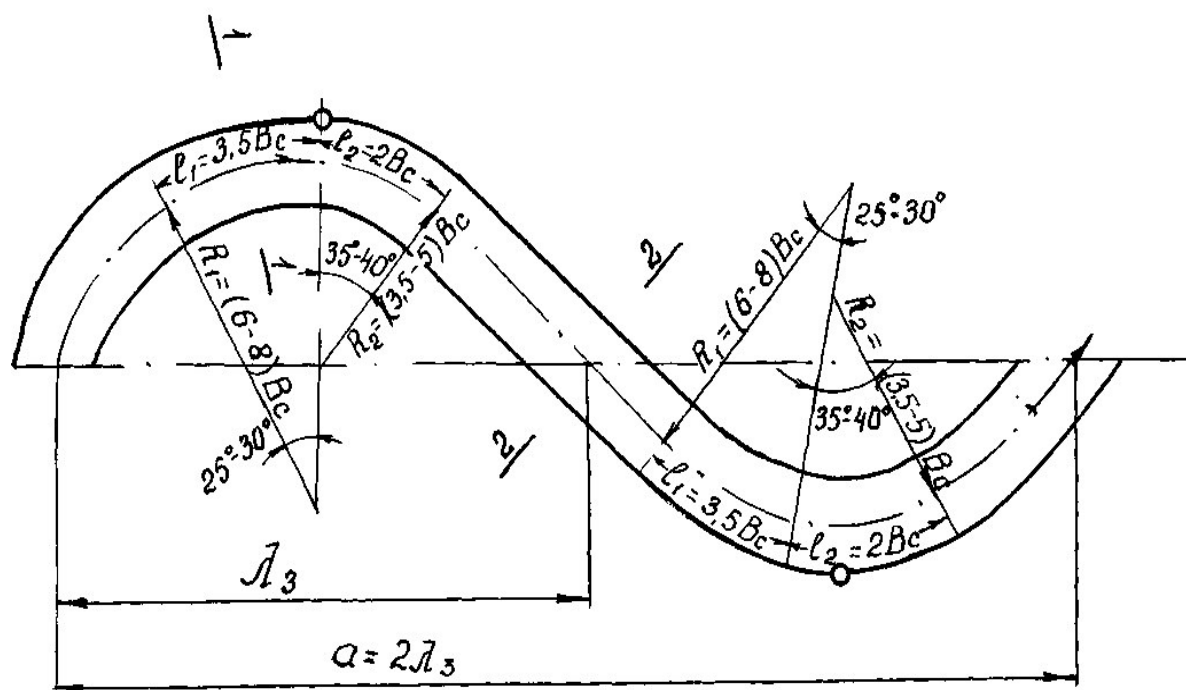
Влаштування русловиправної траси

При виборі русловиправної траси необхідно керуватися наступними основними положеннями:

- вибір траси повинен бути узгоджений з проектом комплексного регулювання річки;
- початок і кінець виправної траси повинні включати діючі, порівняно стійкі природні і штучно зарегульовані ділянки річки;
- транспортуюча здатність криволінійного русла більша ніж прямолінійного за рахунок поперечної циркуляції водних мас при однакових значеннях середніх по живому перерізу швидкостей течії;
- безаварійний пропуск новим руслом максимальних витрат води з селевою компонентою;
- початкова ділянка траси регулювання водопропускнуго коридору (струмененаправляючі напівзагати) повинна забезпечити плавне входження річкового потоку в русло і беззбійне його протікання. Кут сходження геометричної осі поздовжньої дамби з лінією берега не повинен перевищувати 30° ;
- кінцева ділянка траси водопропускнуго коридору не повинна створювати звалів течії води в сторону заплавлених берегів річки і розміщених на них інфраструктурних забудов;
- на криволінійних ділянках траси радіус їх кривизни на початку звивини приймається рівним $R_1 = (6 - 8)B_{p.\phi}$ на довжині $l_1 = 3,5 B_{p.\phi}$, а в кінці звивини $R_2 = (3,5 - 5)B_{p.\phi}$ на довжині $l_2 = 2 B_{p.\phi}$ (рисунок Ж.1). Приведені значення потрібно вважати орієнтовними, і вони можуть бути уточнені в залежності від місцевих умов;
- на криволінійних ділянках при радіусах кривизни русла менше $3,5 B_{p.\phi}$ ширина русла в бровках зменшується на 10-30% в порівнянні з шириною відносно стійкого русла на прямолінійних ділянках.

При гідравлічному розрахунку русловиправної траси рекомендується використати функціональну залежність між глибиною і шириною відносно стійкого русла (русло, яке перебуває в динамічній рівновазі при проходженні руслоформуєного паводка) в показниковому вигляді:

$$h_{p.\phi} = B_{p.\phi}^m / K, \quad (\text{Ж.1})$$



1 - переріз русла 1-1; 2 - переріз русла 2-2

Рисунок Ж.1-Схема для проектування виправної траси

де m - показник степеня, який залежить від гідроморфологічних характеристик русла і для передгірських ділянок річок приймається в середньому рівним 0,8;

K - коефіцієнт, який для відносно стійких ділянок алювіальних русел в середньому може бути рівним 1,0.

Площу живого перерізу водотоку в прокопі ω_{np} , m^2 при проходженні руслоформуючої витрати води визначають за формулою:

$$\omega_{np} = h_{np} \cdot B_{np} = \frac{Q_{p.f}}{V_{\text{ош.р}} \cdot \frac{n_3}{n_{np}} \sqrt{\frac{L_3}{l_{np}}}}, \quad (\text{Ж.2.})$$

де h_{np} і B_{np} - відповідно глибина і ширина прокопу, м;

n_3 і n_{np} - відповідно шорсткість звивини і прокопу;

L_3 - довжина звивини, м;

l_{np} - довжина прокопу, м.

Поперечний профіль русла на криволінійних ділянках можна побудувати за формулою:

$$y = h_{cp}^k \cdot \left(1 - \frac{x^2}{b^2}\right) \left(1 + K \frac{x}{R}\right), \quad (\text{Ж.3.})$$

де R - радіус вигину по осі потоку;

$b = 0,5 B_k$ (B_k - ширина русла на криволінійній ділянці, яка в середньому дорівнює $0,65 B_{p.f}$ в діапазоні змін від $0,5 B_{p.f}$ для крутих звивин і $0,8 B_{p.f}$ - для виположених);

K - коефіцієнт, значення якого залежать від типу руслового процесу ($K=5,34$, якщо русло достатньо вироблене; $K=8$, якщо місцями вода з русла виходить на заплаву; $K=3,4$, якщо русло недостатньо вироблене, але обмежене гірськими схилами);

$h_0=1,5h_{cp}^k$ (h_{cp}^k - середня глибина відносно стійкого русла на криволінійній ділянці при проходженні руслоформуючого паводка).

За відсутності даних польових спостережень відносно значень h_{cp}^k і h_{max}^k на криволінійних ділянках русел гірських річок рекомендуються такі емпіричні залежності:

$$h_{cp}^k = h_{p,\phi} \left(1 + \tau \sqrt{\frac{B_{p,\phi}}{R}} \right), \quad (\text{Ж.4})$$

де $h_{p,\phi}$, $B_{p,\phi}$ - відповідно середня глибина і ширина траси на прямолінійній ділянці русла при проходженні руслоформуючого паводка;

τ - дослідний коефіцієнт, який залежить від значень співвідношення $B_{p,\phi}/R$.

Максимальна глибина на кривій біля ввігнутого берега визначається за формулою:

$$h_{max}^k = \varepsilon h_{p,\phi}, \quad (\text{Ж.5})$$

де ε - дослідний коефіцієнт, який залежить від значень співвідношення $B_{p,\phi}/R$.

Значення τ і ε наведені в таблиці Ж.1.

Таблиця Ж.1 - Значення дослідних коефіцієнтів τ і ε

$B_{p,\phi}/R$	0	0,16	0,20	0,25	0,33	0,50	0,70
τ	0	0,60	0,60	0,65	0,75	0,85	2,0
ε	1,27	1,48	1,48	2,20	2,57	3,00	-

Ширина прямолінійного відносно стійкого алювіального русла на ділянці з поздовжнім похилом $I \leq 0,01$ визначається за формулою:

$$B_{p,\phi} = A \frac{\sqrt{Q_{p,\phi}}}{I_c^{0,2}}, \quad (\text{Ж.6})$$

де A - параметр стійкості русла, який для передгірської частини річки змінюється від 0,9 до 1,3 ($A=0,9$ відповідає стисненим руслам з безструктурною формою транспортування наносів (скельні і стиснені русла); $A=1,3$ - вільномеандруючі русла);

I_c - середній поздовжній похил відносно стійкого прямолінійного русла.

Ширина відносно стійкого русла B_c по поверхні потоку при руслоформуючих і менших витратах визначається за формулою:

$$B_c = K \left(\frac{Q}{\sqrt{g I_c}} \right)^{0,4}, \quad (\text{Ж.7})$$

де K - коефіцієнт, який враховує вплив витрати і неоднорідності складу завислих наносів на хід руслових деформацій (при $\mu=0-0,5$ г/л - $K=2,4$; $\mu=0,5-10$ г/л - $K=2,6$; $\mu=10-100$ г/л - $K=2,8$; $\mu=100-500$ г/л - $K=3,0$ і т.і.).

Середня глибина потоку h_c на прямолінійній ділянці відносно стійкого русла визначається за формулою:

$$h_c = \frac{k}{I_c^{0,03}} \left(\frac{Q}{\sqrt{g}} \right)^{0,4}, \quad (\text{Ж.8})$$

де k - коефіцієнт, який враховує вплив витрати та неоднорідності завислих наносів на хід руслових деформацій і рекомендується визначати за даними таблиці Ж.2.

Таблиця Ж.2 - Значення коефіцієнта k в залежності від значень відносної шорсткості русла $h/D_{\text{ср.зв}}$

μ , г/л	0-0,5	0,5-10	10-100	100-500	500 - 1000
$h/D_{\text{ср.зв}} > 3$	0,35	0,33	0,35	0,37	0,40

Середній поздовжній похил відносно стійкого прямолінійного русла визначається за формулою:

$$I_c = a \left(\frac{D_{\text{ср.зв.}}}{h_{\text{р.ф.}}} \right)^x, \quad (\text{Ж.9.})$$

де a - коефіцієнт;

x - показник степеня.

Значення показника степеня x і коефіцієнта a при $\mu = 0,5-10$ г/л і різних значеннях відношення $D_{\text{ср.зв}}/h_{\text{р.ф}}$ приведені в таблиці Ж.3.

Таблиця Ж.3 - Значення x і a в залежності від відносної гладкості русла

$D_{\text{ср.зв}}/h_{\text{р.ф}}$	1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.03	0.01
x	1.45	1.32	1.22	1.16	1.05	0.95	0.90	0.75
a	0.35	0.26	0.20	0.17	0.12	0.09	0.07	0.045

Середній поздовжній похил русла I_c є незалежним параметром матеріальної системи «потік-русло» і надає можливість вести прогноз розвитку руслових

деформацій. Так, наприклад, порівнянням значень I_c та I (де I - середній поздовжній похил русловиправної траси) ми можемо визначити характер розвитку руслових процесів (при $I > I_c$ можливе загальне розмивання русла, що потребує проведення робіт по захисту берегів; при цьому необхідно збільшити ширину і глибину наповнення русла при проходженні руслоформуєчого паводка).

При проектуванні русловиправної траси в місці переходу від однієї звивини русла в другу між ними влаштовують прямолінійну ділянку довжиною $B_{p.ф.}$.

Як критерій оцінки стійкості русла, а також напрямку розвитку руслових деформацій рекомендується використати параметр M :

$$M = \frac{h_{p.ф.} (g B_{p.ф.})^{0.25}}{Q_{p.ф.}^{0.5}}. \quad (Ж.10)$$

В межах значень від 0,15 до 1,05 параметр M можна використовувати як оцінку динамічної рівноваги матеріальної системи «потік-русло»:

$$0,15 \leq M \leq 1,05, \quad (Ж.11)$$

а при інших значеннях - як параметр оцінки напрямку розвитку руслових переформувань (розвитку необоротних процесів). Якщо значення $M > 1,05$, ділянка річки характеризується недостатньою транспортуючою здатністю і в руслі буде відбуватися акумуляція транзитних наносів, і навпаки, при $M \leq 0,15$ транспортуюча здатність потоку підвищена, що призводить до розвитку необоротних деформацій в вигляді розмивів берегів і дна русла.

Витрата транспортованих наносів за масою (донних і завислих разом) G , m/c в русловиправній трасі може бути орієнтовно визначена за формулою:

$$G = \frac{\rho_n \xi \rho V^4 B \left[1 - \left(\frac{V_0}{V} \right)^{\alpha+2\alpha} \right]}{(\rho_n - \rho) \omega C^2}, \quad (Ж.12)$$

де $\xi = 0,057$ - коефіцієнт, який визначає долю витрати енергії потоку на транспорт наносів ($\xi \approx 6\%$); при цьому частина енергії витрачається на підтримання відповідного рівня турбулентності потоку і його вихорових структур;

V - середня швидкість потоку, при якій ведеться оцінка витрат наносів (при руслоформуєчих витратах - це швидкість потоку при динамічній рівновазі системи «потік-русло»);

V_o - середня швидкість потоку, яка відповідає початку зриву часток для ґрунтів дна русла (шару самовимощення) при середній глибині потоку в руслі h для конкретного створу (при проходженні руслоформуючого паводка приймаємо $h_{p.ф}$);

ϖ - середнє значення гідравлічної крупності наносів;

α - коефіцієнт режиму транспорту наносів, який дорівнює 0,5 при квадратичній області гідравлічного опору (обтікання часток наносів);

B - ширина руслового потоку по його поверхні, при якій ведеться оцінка витрат наносів (при проходженні руслоформуючого паводка приймаємо $B_{p.ф}$).

Значення ϖ рекомендується визначати за формулою:

$$\varpi = (2,4 \cdot \theta - 0,7) \sqrt{\frac{\rho_n - \rho}{\rho} g d_{ср.зб}}, \quad (Ж.13)$$

де θ - коефіцієнт форми часток донних наносів, рівний в середньому 0,8 для руслових відкладів річок.

При визначенні морфометричних та гідравлічних параметрів русла на його односторонніх одамбованих ділянках необхідно врахувати вплив споруд на вище і нижче розташовані ділянки річки під час проходження паводків.

Перелік нормативних документів, на які є посилання в ВНД

- 1.ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди.
- 2.СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик.
- 3.СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений.
- 4.СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
- 5.СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов.
- 6.СНиП 2.06.07-87. Подпорные стенки, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
- 7.СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территорий от затопления и подтопления.
- 8.СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве.
- 9.ВНД 33.5.2-02-98. Методика визначення зон можливого затоплення на річках України.
- 10.ВНД 33-5.5-08-2001. Річки. Виконання робіт по догляду.
- 11.ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел. Норми проектування.
- 12.ВТЕН 33-3.1-03-2001. Відомчі норми аварійного запасу матеріалів.
- 13.Водний кодекс України. Кодекси України. Київ. Юрінком 1997.
- 14.Рекомендации по строительству и эксплуатации регуляционных сооружений на реках Карпат. - Киев: Минводхоз, УИИВХ, 1991.
- 15.Рекомендации по проектированию регуляционных сооружений на реках Карпат. - Киев: Минводхоз, УИИВХ, 1991.
- 16.Руководство по гидрологическим расчетам при проектировании водохранилищ. - Л.: Гидрометеиздат, 1983.
- 17.Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. - М.: Стройиздат, 1981.
- 18.Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
- 19.Методические рекомендации по расчету деформаций русел и выбору защитно-регуляционных мероприятий на реках Украинских Карпат. - Киев: 1989.

Зміст

1.Галузь використання.....	3
2.Загальні положення.....	3
3.Гідроморфологічна оцінка русел річок.....	5
3.1.Типізація річок.....	5
3.2.Вибір і закріплення опорних створів	8
3.3.Визначення зон можливого затоплення	10
4.Максимальний стік і режим транспорту наносів.....	11
4.1.Розрахунок максимальних витрат води нормативної забезпеченості	11
4.2.Руслоформуючі витрати води.....	11
4.3.Донні відклади та оцінка стоку наносів.....	12
5.Регулювання та пропуск паводка	16
5.1.Встановлення верхньої межі пропуску паводка.....	16
5.2.Вибір регулювальних руслових гідротехнічних споруд.....	18
6.Організацій	
но-профілактичні заходи щодо догляду за руслами і гідротехнічними спорудами.....	22
6.1.Загальні питання нагляду та догляду за річковими захисно-регулювальними спорудами.....	22
6.2.Підготовка русла і гідротехнічних споруд до пропуску паводка.....	26
6.3.Організація проведення розчищення русла і заплави від надмірного їх захарщення.....	28
Додаток А. Типи русел річок Українських Карпат.....	30
Додаток Б. Значення коефіцієнта шорсткості n для річок Карпат.....	35
Додаток В. Методика розрахунку максимальних витрат води нормативної забезпеченості.....	37
Додаток Г. Оцінка і розрахунок стоку наносів річок Українських Карпат.....	46
Додаток Д. Пропозиції щодо застосування основних захисно-регулювальних споруд.....	60
Додаток Ж. Влаштування русловиправної траси.....	62
Додаток К. Перелік нормативних документів, на які є посилання в ВНД.....	69